

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
15. März 2001 (15.03.2001)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 01/18792 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation⁷: G10L 13/08 (72) Erfinder; und
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): HAIN, Horst-Udo
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE00/02940 [DE/DE]; Simplonstrasse 1, 81825 München (DE).
(22) Internationales Anmeldedatum: 29. August 2000 (29.08.2000) (74) Gemeinsamer Vertreter: SIEMENS AKTIENGE-
SELLSCHAFT; Postfach 22 16 34, 80506 München
(DE).
(25) Einreichungssprache: Deutsch (81) Bestimmungsstaat (national): US.
Veröffentlichungssprache: Deutsch (84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT,
BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC,
NL, PT, SE).
Angaben zur Priorität:
199 42 178.1 3. September 1999 (03.09.1999) DE Veröffentlicht:
— Mit internationalem Recherchenbericht.
(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von — Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden
US): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen
Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE). eintreffen.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

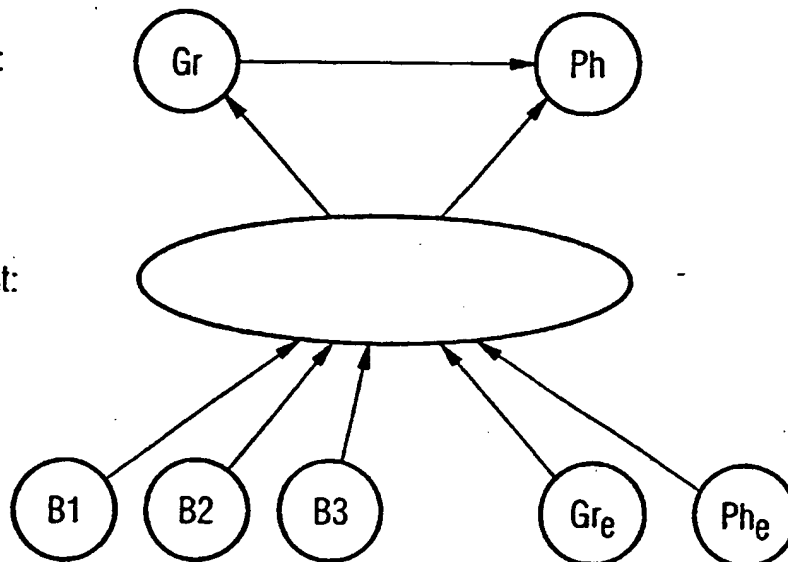
(54) Title: METHOD FOR TRAINING GRAPHEMES ACCORDING TO THE PHONEME RULES FOR VOICE SYNTHESIS

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM TRAINIEREN DER GRAPHEME NACH PHONEMEN REGELN FÜR DIE SPRACH-
SYNTHESE

Ausgangsschicht:
OUTPUT LAYER:

versteckte Schicht:
HIDDEN LAYER:

Eingangsschicht:
INPUT LAYER:



(57) Abstract: A databank produced according to the inventive method can be used to train a neural network to synthesize or recognise speeches. The trained neural network can be used to convert graphemes or letters of text into corresponding phonemes.

(57) Zusammenfassung: Mit einer durch das erfindungsgemäße Verfahren hergestellten Datenbank kann ein neuronales Netzwerk zum Synthetisieren bzw. Erkennen von Sprache trainiert werden. Mit dem trainierten neuronalen Netzwerk können die Grapheme, bzw. Buchstaben eines Textes in die entsprechenden Phoneme umgesetzt werden.

WO 01/18792 A1



Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes, und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Beschreibung

**VERFAHREN ZUM TRAINIEREN DER GRAPHEME NACH PHONEMEN
REGELN FÜR DIE SPRACHSYNHESE**

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Aufbereiten einer Datenbank für die automatische Sprachverarbeitung, sowie ein Verfahren zum Trainieren eines neuronalen Netzwerkes zum Zuordnen von Graphemen zu Phonemen für die automatische Sprachverarbeitung und ein Verfahren zum Zuordnen von Graphemen zu Phonemen bei der Synthetisierung von Sprache bzw. bei der Erkennung von Sprache.

Es ist bekannt, neuronale Netzwerke für die Synthetisierung von Sprache zu verwenden, wobei die neuronalen Netzwerke einen Text, der in einer Folge von Graphemen dargestellt ist, in Phoneme umsetzen, welche von einer entsprechenden Sprachausgabevorrichtung in die korrespondierenden akustischen Laute gewandelt werden. Grapheme sind Buchstaben beziehungsweise Buchstabenkombinationen, welchen jeweils ein Laut, das Phonem, zugeordnet ist. Vor einem erstmaligen Einsatz des neuronalen Netzwerkes muß dieses trainiert werden. Dies erfolgt üblicherweise durch Verwendung einer Datenbank, die die Graphem-Phonem-Zuordnungen enthält, wodurch festgelegt ist, welchem Graphem welches Phonem zugeordnet ist.

Die Erstellung einer solchen Datenbank bedeutet einen erheblichen zeitlichen wie auch geistigen Aufwand, da derartige Datenbanken in der Regel nur mit Hilfe eines Sprachexperten aufgebaut werden können.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde ein Verfahren zu schaffen, mit welchen auf einfache Art und Weise eine Graphem-Phonem-Zuordnungen enthaltende Datenbank erstellt werden kann.

Die Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

- 5 Das erfindungsgemäße Verfahren zum Aufbereiten einer Datenbank für die automatische Sprachverarbeitung geht von einer Datenbank aus, die Wörter in Form von Graphemen und Phonemen enthält. Für die meisten Sprachen existieren bereits derartige Datenbanken. Diese Datenbanken sind Wörterbücher, die die
- 10 Wörter in Schreibschrift (Grapheme) und in Lautschrift (Phoneme) enthalten. Diesen Datenbanken fehlt jedoch die Zuordnung der einzelnen Phoneme zu den entsprechenden Graphemen. Diese Zuordnung wird erfindungsgemäß automatisch durch die folgenden Schritte ausgeführt:
- 15
- a) Zuordnen der Grapheme zu den Phonemen aller Wörter, die dieselbe Anzahl Grapheme und Phoneme besitzen, wobei die Grapheme und Phoneme einander paarweise zugeordnet werden,
 - b) Zuordnen der Grapheme zu den Phonemen aller Wörter,

20 die mehr Grapheme als Phoneme besitzen, wobei zunächst alle Grapheme den Phonemen paarweise zugeordnet werden, bis sich ein Zuordnungsfehler auf Grundlage der bisher ermittelten Zuordnungen ergibt oder lediglich am Wortende ein oder mehrere Grapheme vorhanden sind, welchen kein Phonem zugeordnet ist,

 - 25 und Zusammenfassen mehrerer Grapheme zu einer Graphemeinheit und Zuordnen eines Graphems zu der Phonemeinheit, und
 - c) Zuordnen der Grapheme zu den Phonemen aller Wörter, die weniger Grapheme als Phoneme besitzen, wobei mehrere Phoneme zu einer Phonemeinheit zusammengefaßt werden und ihnen

30 ein einziges Graphem derart zugeordnet wird, daß die übrigen Graphem-Phonem-Zuordnungen des zu analysierenden Wortes den unter a) und b) gefundenen Zuordnungen entspricht,

 - d) Zuordnen der bisher nicht zuordbaren Wörter, wobei die Wörter nach den unter c) ermittelten Phonemeinheiten

35 und/oder den unter b) ermittelten Graphemeinheiten untersucht werden und die Phoneme zu den Graphemen unter Berücksichti-

gung der Phonemeinheiten und/oder Graphemeinheiten zugeordnet werden, und

- wobei zumindest nach Schritt a) ein Korrekturschritt ausgeführt wird, mit dem Zuordnungen von Wörtern, die im Widerspruch zu den im Schritt a) ermittelten weiteren Zuordnungen stehen, gelöscht werden.

Erfindungsgemäß werden zunächst Wörter untersucht, die dieselbe Anzahl Grapheme und Phoneme besitzen. Die Grapheme dieser Wörter werden den Phonemen paarweise zugeordnet, wobei in einem darauffolgenden Korrekturschritt die Zuordnungen der Wörter gelöscht werden, die im Widerspruch zu den weiteren Zuordnungen stehen.

- Mit diesem ersten Zuordnungsvorgang kann eine Großzahl der Wörter abgearbeitet werden und zudem statistisch signifikante Zuordnungen erzielt werden, die eine Überprüfung im Korrekturschritt erlauben und die auch eine Überprüfung der weiteren zu erstellenden Zuordnungen in den nachfolgenden Schritten erlauben.

Danach werden die Wörter untersucht, bei denen sich die Anzahl der Phoneme gegenüber der Anzahl von Graphemen unterscheidet. Bei Wörtern mit mehr Graphemen als Phonemen werden mehrere Grapheme zu Graphemeinheiten zusammengefaßt und bei Wörtern mit weniger Graphemen als Phonemen werden Phoneme zu Phonemeinheiten zusammengefaßt.

Nach Beendigung dieser Schritte werden die bisher nicht zuordbaren Wörter überprüft, wobei hierbei die ermittelten Phonemeinheiten und/oder die ermittelten Graphemeinheiten berücksichtigt werden.

Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren wird somit schrittweise automatisch ein „Zuordnungswissen“ erstellt, das zunächst auf paarweisen Graphem-Phonem-Zuordnungen beruht und in das im

Laufe des Verfahrens auch Graphemeinheiten und Phonemeinheiten einbezogen werden.

Das erfindungsgemäße Verfahren kann für jede beliebige Sprache angewandt werden, für die bereits eine elektronisch lesbare Datenbank besteht, die Wörter in Form von Graphemen und Phonemen enthält, wobei eine Zuordnung zwischen den Phonemen und Graphemen nicht notwendig ist. Der Einsatz von Expertenwissen ist nicht erforderlich, da das erfindungsgemäße Verfahren vollautomatisch ausgeführt wird.

Mit der erfindungsgemäß erstellten Datenbank kann dann ein neuronales Netzwerk trainiert werden, mit dem die Graphem-Phonem-Zuordnungen bei der Synthetisierung oder Erkennung von Sprache automatisch ausgeführt werden.

Die Erfindung wird nachfolgend näher anhand eines Ausführungsbeispiels erläutert, das in den Zeichnungen dargestellt ist. In diesen zeigen:

20

Fig. 1 ein Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens in einem Flußdiagramm,

25

Fig. 2 schematisch ein neuronales Netzwerk zum Zuordnen von Graphemen zu Phonemen, und

Fig. 3 schematisch eine Vorrichtung zur Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens.

Das erfindungsgemäße Verfahren dient zum Aufbereiten einer Datenbank für die Sprachsynthese, wobei von einer Ausgangsdatenbank ausgegangen wird, die Wörter in Form von Graphemen und Phonemen enthält. Eine solche Ausgangsdatenbank ist jedes Wörterbuch, das die Wörter sowohl in Schreibschrift (Grapheme) als auch in Lautschrift (Phoneme) enthält. Diese Wörterbücher enthalten jedoch keine Zuordnung der einzelnen Grapheme zu den jeweiligen Phonemen. Sinn und Zweck des erfindungs-

gemäßen Verfahrens ist die Erstellung einer solchen Zuordnung.

In Fig. 1 ist ein Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens in einem Flußdiagramm dargestellt. In einem Schritt S1 wird das Verfahren gestartet.

Im Schritt S2 werden alle Wörter untersucht, die die gleiche Anzahl Grapheme und Phoneme besitzen. Die Grapheme dieser Wörter werden den entsprechenden Phonemen paarweise zugeordnet.

Eine derartige paarweise Zuordnung wird z.B. für das englische Wort „run“ ausgeführt, das folgendermaßen mit seinen Graphemen und Phonemen dargestellt werden kann:

Grapheme: r u n

Phoneme: r A n

Bei „run“ wird das Graphem „r“ dem Phonem „r“, das Graphem „u“ dem Phonem „A“ und das Graphem „n“ dem Phonem „n“ zugeordnet. Bei dieser paarweisen Zuordnung wird somit jeweils ein einziges Graphem einem einzigen Phonem zugeordnet. Dies wird für alle Wörter ausgeführt, die die gleiche Anzahl von Phonemen und Graphemen besitzen.

Im nachfolgenden Schritt S3 wird eine Korrektur ausgeführt, mit der die Zuordnungen der Wörter, die im Widerspruch zu dem im Schritt S2 ermittelten weiteren Zuordnungen stehen, gelöscht werden. Hierzu werden die Häufigkeiten der einzelnen Graphem-Phonem-Zuordnungen erfaßt und Graphem-Phonem-Zuordnungen die nur selten vorkommen werden gelöscht. Liegt die Häufigkeit einer bestimmten Graphem-Phonem-Zuordnung unter einem vorbestimmten Schwellwert, so werden die entsprechenden Graphem-Phonem-Zuordnungen gelöscht. Der Schwellwert liegt z.B. im Bereich von einer Häufigkeit von 10 bis 100. Je nach Umfang des Vokabulars der Ausgangsdatenbank kann der

Schwellwert entsprechend angepaßt werden, wobei bei größeren Ausgangsdatenbanken ein höherer Schwellwert als bei kleineren Ausgangsdatenbanken zweckmäßig ist.

- 5 Ein Beispiel für eine derartige widersprüchliche Graphem-Phonem-Zuordnung ist das englische Wort „fire“:

Grapheme: f i r e

Phoneme: f I @ r

10

Die Zuordnung des Graphems „r“ zum Phonem „@“ und die Zuordnung des Graphems „e“ zum Phonem „r“ sind nicht korrekt zugeordnet. Diese beiden Zuordnungen treten sehr selten auf, weshalb ihre Häufigkeit kleiner als der Schwellwert ist, so daß sie im Schritt S3 gelöscht werden. Zudem wird im Schritt S3 das Wort „fire“ wieder als nicht-zugeordnet markiert, so daß es in einem späteren Zuordnungsschritt wieder untersucht werden kann.

15

- 20 Im Schritt S4 werden Wörter untersucht, die mehr Grapheme als Phoneme besitzen, wobei jeweils ein Graphem einem Phonem in Leserichtung (von links nach rechts) zugeordnet wird und die verbleibenden Grapheme mit dem letzten Graphem, dem ein Phonem zugeordnet worden ist, zu einer Graphemeinheit zusammengefaßt werden. Ein Beispiel eines Wortes, das auf diese Art und Weise korrekt zugeordnet wird, ist das englische Wort „aback“:

25

Grapheme: a b a c k

30

Phoneme: x b @ k

35

Im hierauf folgenden Schritt S5 wird wiederum eine Korrektur ausgeführt, mit der Zuordnungen gelöscht werden, die im Widerspruch zu den bisher ermittelten Zuordnungen stehen, das heißt, Zuordnungen, die nur eine geringe Häufigkeit aufweisen. Der Schritt S5 ist diesbezüglich identisch mit dem Schritt S3.

Im Schritt S6 werden die Wörter, die mehr Grapheme als Phoneme besitzen und im Schritt S4 nicht korrekt zugeordnet werden könnten, von neuem untersucht, wobei jeweils ein einzelnes
5 Graphem einem einzelnen Phonem in Leserichtung (von links nach rechts) zugeordnet wird. Jede einzelne Zuordnung wird überprüft, ob sie den bisher ermittelten Zuordnungen entspricht. Ergibt diese Überprüfung, daß eine Graphem-Phonem-Zuordnung nicht den bisherigen Zuordnungen entspricht, das
10 heißt, daß sie nicht die notwendige Häufigkeit besitzt, geht das Verfahren auf die letzte Graphem-Phonem-Zuordnung zurück und verbindet das Graphem dieser Graphem-Phonem-Zuordnung mit dem in Leserichtung nächstem Graphem zu einer Graphemeinheit. Die übrigen Phoneme und Grapheme werden dann wieder einander
15 einzeln zugeordnet, wobei wiederum jede einzelne Graphem-Phonem-Zuordnung überprüft wird.

Bei diesem Verfahrensschritt können innerhalb eines Wortes eine oder mehrere Graphemeinheiten erzeugt werden, wobei die
20 Graphemeinheiten in der Regel zwei Grapheme umfassen. Es ist jedoch auch möglich, daß die Graphemeinheiten drei oder mehr Grapheme umfassen können.

Ein Wort, bei dem der Schritt S6 zu einer erfolgreichen Zuordnung führt ist z.B. das englische Wort „abacement“:
25

Grapheme: a b a s e m e n t

Phoneme: x b e s m i n t

30 Bei „abacement“ erfolgt die paarweise Zuordnung korrekt bis zum Graphem „e“ das zunächst dem Phonem „m“, zugeordnet wird. Diese Zuordnung steht im Widerspruch zu den bisher ermittelten Zuordnungen, weshalb das Verfahren auf die letzte erfolgreiche Zuordnung des Graphems „s“ zum Phonem „s“ zurückgeht
35 und das Graphem „s“ mit dem Graphem „e“ zur Graphemeinheit „se“ verbindet. Die weitere paarweise Zuordnung der Grapheme

zu den Phonemen entspricht wieder den bisher ermittelten Zuordnungen, weshalb sie dementsprechend ausgeführt werden.

Im Schritt S7 werden die im Schritt S6 untersuchten Wörter,
5 die nicht vollständig erfolgreich zugeordnet worden sind, markiert und deren Zuordnungen werden wiederum gelöscht.

Im Schritt S8 werden die Wörter, die mehr Grapheme als Phoneme besitzen und in den Schritten S4 und S6 nicht korrekt zugeordnet werden konnten, von Neuem untersucht, wobei jeweils
10 ein einzelnes Graphem einem einzelnen Phonem zunächst in Leserichtung (von links nach rechts) zugeordnet wird. Jede einzelne Zuordnung wird wiederum überprüft, ob sie den bisher ermittelten Zuordnungen entspricht. Ergibt diese Überprüfung,
15 daß eine Graphem-Phonem-Zuordnung nicht den bisherigen Zuordnungen entspricht, das heißt, daß die Zahl der Häufigkeit unter einem vorbestimmten Schwellwert liegt, werden entgegen der Leserichtung (von rechts nach links) einzelne Grapheme einzelnen Phonemen zugeordnet. Bleibt bei dieser Methode lediglich ein Phonem über, dem kein Graphem zugeordnet werden
20 kann, so werden die restlichen Grapheme zu einer Graphemeinheit zusammengefaßt und dem einen Phonem zugeordnet.

Bei diesem Verfahrensschritt kann innerhalb eines Wortes eine
25 Graphemeinheit erzeugt werden.

Ein Wort, bei dem der Schritt S8 zu einer erfolgreichen Zuordnung führt, ist z.B. das englische Wort „amongst“:

30 Grapheme: a m o n g s t
Phoneme: x m A G s t

Bei „amongst“ erfolgt die paarweise Zuordnung von links nach rechts korrekt bis zum Graphem „n“, das zunächst dem Phonem
35 „G“ zugeordnet wird. Diese Zuordnung steht im Widerspruch zu den bisher ermittelten Zuordnungen, weshalb eine paarweise Zuordnung von rechts nach links ausgeführt wird. Diese Zuord-

nung verläuft korrekt bis zum Graphem „g“ das zunächst dem Phonem „G“ zugeordnet wird. Diese Zuordnung steht im Widerspruch zu den bisher ermittelten Zuordnungen. Als einziges Phonem dem kein Graphem zugeordnet werden kann, verbleibt das
5 Phonem „G“. Diesem Phonem „G“ werden nun die restlichen Grapheme „n“ und „g“, die zu einer Graphemeinheit zusammengefaßt werden, zugeordnet.

Im Schritt S9 werden die im Schritt S8 untersuchten Wörter,
10 die nicht vollständig erfolgreich zugeordnet worden sind, markiert und deren Zuordnungen werden wiederum gelöscht.

Im Schritt S10 werden die Wörter, die weniger Grapheme als Phoneme besitzen untersucht, wobei die einzelnen Grapheme den
15 einzelnen Phonemen paarweise zugeordnet werden, wobei die Grapheme auch den zu den zugeordneten Phonemen benachbarten Phonemen zugeordnet werden. Von all diesen Zuordnungen wird die jeweilige Häufigkeit bestimmt, und falls festgestellt wird, daß ein Graphem zwei benachbarten Phonemen mit einer
20 großen Häufigkeit zugeordnet werden kann, werden diese beiden Phoneme zu einer Phonemeinheit zusammengefaßt, falls die beiden Phoneme zwei Vokale oder zwei Konsonanten sind.

Ein Wort, bei dem der Schritt S9 zu einer korrekten Zuordnung
25 führt, ist z.B. das englische Wort „axes“:

Grapheme: a x e s

Phoneme: @ ks i z

30 Bei „axes“ ergibt die Zuordnungen des Graphems „x“ zu den Phonemen „k“ und „s“ jeweils eine Häufigkeit, die über einem vorbestimmten Schwellwert liegt, so daß diese beiden Phoneme zur Phonemeinheit „ks“ zusammengefaßt werden. Die übrigen Grapheme und Phoneme werden wiederum paarweise zugeordnet.

Im Schritt S10 ist es auch möglich, daß mehrere Phonemeinheiten gebildet werden oder daß die Phonemeinheiten auch mehr als zwei Phoneme umfassen.

- 5 Im Schritt S11 wird wiederum eine Korrektur durchgeführt, bei der die Zuordnungen, die selten auftreten, gelöscht werden, und die Wörter in denen diese widersprüchlichen Zuordnungen festgestellt worden sind als nicht-zugeordnet markiert werden. Der Schritt S11 entspricht im wesentlichen den Schritten
- 10 S3 und S5, wobei hier jedoch auch die bis zum Schritt S10 ermittelten Graphem-Phonem-Zuordnungen berücksichtigt werden.

- Der Schritt S12 entspricht im wesentlichen dem Schritt S10, das heißt, daß Phonemeinheiten aus benachbarten Phonemen gebildet werden, wobei im Schritt S12 die Phonemeinheiten nicht
- 15 auf zwei Konsonanten oder zwei Vokale beschränkt sind, sondern auch eine Mischung aus Vokalen und Konsonanten beinhalten können.

- 20 Im Schritt S13 wird wiederum ein Korrekturvorgang durchgeführt, der dem des Schrittes S11 entspricht, wobei alle mittlerweile ermittelten Graphem-Phonem-Zuordnungen berücksichtigt werden.

- 25 Im Schritt S14 werden die in den Schritten S10 und S12 ermittelten Phonemeinheiten verwendet, um Wörter, deren Grapheme nicht den Phonemen korrekt zugeordnet werden konnten, erneut zu untersuchen, wobei für benachbarte Phoneme, für die bereits eine Phonemeinheit existiert, diese eingesetzt wird.

- 30 Optional ist es auch möglich, daß die bisher ermittelten Graphemeinheiten berücksichtigt werden. Sollte von dieser Option kein Gebrauch gemacht werden, können hier Graphemeinheiten erneut gemäß den Methoden nach den Schritten S4, S6 und S8 gebildet werden.

35

Ein Wort, das die Zuordnung gemäß dem Schritt S14 zeigt, ist das englische Wort „accumulated“:

Grapheme: a c c u m u l a t e d

Phoneme: x k y u m y x l e t I d

5 Bei diesem Wort werden zunächst die Phoneme „y“ und „u“ bzw.
„y“ und „x“ durch die Phonemeinheiten „yu“ bzw. „yx“ ersetzt.
Da diese Phonemeinheiten bereits bei den vorhergehenden
Schritten ermittelt worden sind, wird im Schritt S14 von der
Option Gebrauch gemacht, daß auch die Graphemeinheiten be-
10 rücksichtigt werden, so wird für die beiden Grapheme „c“ und
„c“ die Graphemeinheit „cc“ verwendet. Die paarweise Zuord-
nungen der einzelnen Grapheme bzw. Graphemeinheiten zu den
einzelnen Phonemen bzw. Phonemeinheiten ergibt eine korrekte
Zuordnung.

15

Wird von der Option der Berücksichtigung der Graphemeinheiten
kein Gebrauch gemacht, so werden, wie es im Schritt S6 der
Fall ist, die einzelnen Grapheme den einzelnen Phonemen bzw.
Phonemeinheiten zugeordnet, wobei im vorliegenden Fall bei
20 der Zuordnung des Graphems „c“ zu der Phonemeinheit „yu“ eine
zu den bisherigen Zuordnungen widersprüchliche Zuordnung er-
folgt. Diese widersprüchliche Zuordnung wird festgestellt und
das Graphem „c“ wird mit dem vorhergehenden Graphem „c“ zu
„cc“ zusammengefaßt. Dies führt wiederum zu einer korrekten
25 Zuordnung der Grapheme zu den Phonemen.

Im Schritt S15 wird wiederum geprüft, ob widersprüchliche Zu-
ordnungen erfolgt sind. Werden derartige widersprüchliche Zu-
ordnungen festgestellt, werden sie und die weiteren Zuordnun-
30 gen des jeweiligen Wortes gelöscht.

Mit dem Schritt S16 wird das Verfahren beendet.

Die Anzahl der im Schritt S15 ermittelten widersprüchlichen
35 Zuordnungen ist ein Merkmal für die Qualität der Aufbereitung
der Ausgangsdatenbank zu der durch das Verfahren erhaltenen
Datenbank mit den einzelnen Graphem-Phonem-Zuordnungen.

Das erfindungsgemäße Verfahren konnte schon sehr erfolgreich zur automatischen Erstellung einer Datenbank für die deutsche Sprache eingesetzt werden, wobei eine Zuordnungsdatenbank mit insgesamt 47 Phonemen und 92 Graphemen aufgebaut worden ist. Bei der Erstellung der Datenbank für die englische Sprache, die eine wesentlich kompliziertere Graphem-Phonem-Zuordnung besitzt, ergaben sich 62 Phoneme und 222 Grapheme, deren Zuordnungen nicht so gut wie bei der deutschen Sprache war. Die größere Anzahl von Graphemen in der englischen Sprache macht deren Bearbeitung kompliziert. Es kann deshalb zweckmäßig sein, ein Null-Phonem einzuführen, das heißt ein Phonem ohne einen Laut. Ein derartiges Null-Phonem kann z.B. der englischen Graphemeinheit „gh“ zugeordnet werden, das in der englischen Sprache stimmlos in Kombination mit den Graphemen „ei“, „ou“ und „au“ vorkommt. Würde man kein derartiges Null-Phonem einführen, müßte man zusätzlich zu den Graphemen „ei“, „ou“ und „au“ die Phoneme „eigh“, „ough“ und „augh“ einführen. Das Null-Phonem erlaubt eine Verringerung der Anzahl der Grapheme, da „eigh“, „ough“ und „augh“ jeweils durch „ei“, „ou“ und „au“ in Kombination mit „gh“ ersetzt werden können. Hierdurch kann die Zuverlässigkeit des Verfahrens gesteigert werden. Insbesondere erlaubt eine geringere Anzahl von Phonemen bzw. Graphemen eine einfachere, schnellere und zuverlässigere Anwendung bei einem neuronalen Netzwerk, das mittels der mit dem erfindungsgemäßen Verfahren erstellten Datenbank trainiert wird.

Ein solches neuronales Netzwerk ist in Fig. 2 schematisch vereinfacht dargestellt, das fünf Eingangsknoten und zwei Ausgangsknoten aufweist. An drei der fünf Eingangsknoten werden drei aufeinanderfolgende Buchstaben B1, B2 und B3 eines Wortes, das in Phoneme umgesetzt werden soll, eingegeben. Auf der Ausgangsseite gibt es zwei Knoten, wobei einer der beiden das jeweilige Phonem Ph und der andere Knoten eine Gruppierung Gr ausgibt. An den beiden weiteren Eingangsknoten wird

die zuletzt ausgegebene Gruppierung Gr_1 und das zuletzt ausgegebene Phonem Ph_1 eingegeben.

5 Dieses Netzwerk wird mit den Wörtern der mit dem erfindungsgemäßen Verfahren aufbereiteten Datenbank trainiert, deren Graphem-Phonem-Zuordnungen keinen Widerspruch zu den übrigen Graphem-Phonem-Zuordnungen darstellen, das heißt, den Wörtern, deren Grapheme korrekt den Phonemen zugeordnet werden konnten.

10

Das neuronale Netzwerk ermittelt jeweils für den mittleren Buchstaben B2 ein Phonem, wobei der jeweils im Kontext vorhergehenden und nachfolgende Buchstabe und das dem zu ermittelnden Phonem vorhergehende Phonem Ph_1 berücksichtigt werden. Stellen die beiden aufeinanderfolgenden Buchstaben B2 und B3 eine Graphemeinheit dar, so ergibt sich eine Ausgabe für die Gruppierung Gr von zwei. Ist der Buchstabe B2 kein Bestandteil einer aus mehreren Buchstaben bestehenden Graphemeinheit, so wird als Gruppierung Gr eine eins ausgegeben.

20

Auf der Eingangsseite wird die jeweils letzte Gruppierung Gr_1 berücksichtigt, wobei im Falle einer Gruppierung von Gr_1 von zwei dem mittleren Buchstaben B2 kein Phonem Ph zugeordnet wird, da dieser Buchstabe bereits mit der letzten Graphemeinheit berücksichtigt worden ist. In diesem Fall wird der zweite Buchstabe der Gruppierung übersprungen.

30 Beim Training des neuronalen Netzwerkes werden, wie es an sich bekannt ist, jeweils die Werte für die Eingangsknoten und für die Ausgangsknoten dem neuronalen Netzwerk vorgegeben, wodurch sich das neuronale Netzwerk die jeweiligen Zuordnungen im Kontext der Wörter aneignet.

35 Es kann zweckmäßig sein, mehr als drei Buchstaben an der Eingangsseite des neuronalen Netzwerkes vorzusehen, insbesondere bei Sprachen, wie der englischen Sprache, in welcher mehrere Buchstaben zur Darstellung eines einzigen Lautes verwendet

werden. Für die deutsche Sprache ist es zweckmäßig an der Eingangsseite drei oder fünf Knoten zur Eingabe von Buchstaben vorzusehen, wohingegen für die englische Sprache fünf, sieben oder sogar neun Knoten zur Eingabe von Buchstaben zweckmäßig sein können. Bei neun Knoten können Graphemeinheiten mit bis zu fünf Buchstaben behandelt werden.

Ist das neuronale Netzwerk einmal mit der erfindungsgemäßen Datenbank trainiert worden, kann es zur automatischen Erzeugung von Sprache verwendet werden. Eine Vorrichtung zum Erzeugen von Sprache, in der das erfindungsgemäße neuronale Netzwerk eingesetzt werden kann, ist schematisch in Fig. 3 gezeigt.

Diese Vorrichtung ist eine elektronische Datenverarbeitungsvorrichtung 1 mit einem internen Bus 2, an dem eine zentrale Prozessoreinheit 3, eine Speichereinheit 4, ein Interface 5 und eine akustische Ausgabeeinheit 6 angeschlossen sind. Das Interface 5 kann über eine Datenleitung 8 eine Verbindung zu einer weiteren elektronischen Datenverarbeitungsvorrichtung herstellen. An der akustischen Ausgabeeinheit 6 ist ein Lautsprecher 7 angeschlossen.

In der Speichereinheit 4 ist das erfindungsgemäße neuronale Netzwerk in Form eines Computerprogrammes abgespeichert, das mittels der zentralen Prozessoreinheit 3 zur Ausführung gebracht werden kann. Ein Text, der der elektronischen Datenverarbeitungsvorrichtung auf beliebige Weise, z.B. über das Interface 5, zugeführt wird, kann dann mit einem entsprechenden Hilfsprogramm dem neuronalen Netzwerk zugeführt werden, das die Grapheme, bzw. Buchstaben des Textes in entsprechende Phoneme umsetzt. Diese Phoneme werden in einer Phonem-Datei gespeichert, die über den internen Bus 2 an die akustische Ausgabeeinheit 6 weitergegeben wird, mit der die einzelnen Phoneme in elektrische Signale umgesetzt werden, die vom Lautsprecher 7 in akustische Signale gewandelt werden.

Mit einer solchen elektronischen Datenverarbeitungsvorrichtung 1 kann auch das erfindungsgemäße Verfahren zum Aufbereiten einer Datenbank ausgeführt werden, wobei das Verfahren wiederum in Form eines Computerprogrammes im Speicher 4 gespeichert ist und von der zentralenessoreinheit 3 zur Ausführung gebracht wird, wobei es eine Ausgangsdatenbank, die ein Wörterbuch in Schreib- und Lautschrift darstellt, in eine Datenbank aufbereitet, in der die einzelnen Laute, die Phoneme, den einzelnen Buchstaben bzw. Buchstabenkombinationen, den Graphemen zugeordnet sind.

Die Zuordnung der einzelnen Grapheme zu den einzelnen Phonemen kann in der aufbereiteten Datenbank durch Leerzeichen gespeichert werden, die zwischen den einzelnen Phonemen und Graphemen eingefügt werden.

Die das erfindungsgemäße Verfahren bzw. das neuronale Netzwerk darstellenden Computerprogramme können auch auf beliebige elektronisch lesbare Datenträger gespeichert werden und so auf eine weitere elektrische Datenverarbeitungsvorrichtung übertragen werden.

Die Erfindung ist oben anhand eines Ausführungsbeispiels beschrieben, mit dem eine Datenbank für die Sprachsynthese erzeugt wird. Im Rahmen der Erfindung ist es selbstverständlich auch möglich, die erfindungsgemäß erzeugte Datenbank bei der Spracherkennung zu verwenden, da Spracherkennungsverfahren oftmals Datenbanken mit Graphem-Phonem-Zuordnungen gebrauchen.

Eine Spracherkennung kann bspw. mit einem neuronalen Netzwerk ausgeführt werden, das mit der erfindungsgemäß erstellten Datenbank trainiert worden ist. An der Eingangsseite weist dieses neuronale Netzwerk vorzugsweise drei Eingangsknoten auf, an welchen das in ein Graphem umzusetzende Phonem eingegeben und falls vorhanden zumindest ein im Wort vorhergehendes und ein nachfolgendes Phonem eingegeben werden. An der Ausgangs-

seite weist das neuronale Netzwerk einen Knoten auf, an dem das dem Phonem zugeordnete Graphem ausgegeben wird.

5 Im Rahmen der Erfindung liegt somit jede Anwendung des Erstellens und Anwenden der erfindungsgemäß erstellten Datenbank im Bereich der automatischen Sprachverarbeitung.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Aufbereiten einer Datenbank für die automatische Sprachverarbeitung, bei welchem anhand der Wörter
5 in Form von Graphemen und Phonemen enthaltenden Datenbank eine Zuordnung der Grapheme zu den Phonemen erstellt wird, umfassend folgende Schritte:

a) Zuordnen der Grapheme zu den Phonemen aller Wörter, die dieselbe Anzahl Grapheme und Phoneme besitzen, wobei die
10 Grapheme und Phoneme einander paarweise zugeordnet werden,

b) Zuordnen der Grapheme zu den Phonemen aller Wörter, die mehr Grapheme als Phoneme besitzen, wobei zunächst alle Grapheme den Phonemen paarweise zugeordnet werden, bis sich
15 ein Zuordnungsfehler auf Grundlage der bisher ermittelten Zuordnungen oder lediglich am Wortende ein oder mehrere Grapheme vorhanden sind, die keinem Phonem zugeordnet sind, und Zusammenfassen mehrerer Grapheme zu einer Graphemeinheit und Zuordnen eines Graphems zu der Phonemeinheit, und

c) Zuordnen der Grapheme zu den Phonemen aller Wörter, die weniger Grapheme als Phoneme besitzen, wobei mehrere Phoneme zu einer Phonemeinheit zusammengefaßt werden und ihnen
20 ein einziges Graphem derart zugeordnet wird, daß die übrigen Graphem-Phonem-Zuordnungen des zu analysierenden Wortes den unter a) und b) gefundenen Zuordnungen entsprechen,

d) Zuordnen der bisher nicht zuordbaren Wörter, wobei die Wörter nach den unter c) ermittelten Phonemeinheiten und/oder den unter b) ermittelten Graphemeinheiten untersucht
25 werden und die Grapheme zu den Phonemen unter Berücksichtigung der Phonemeinheiten und/oder Graphemeinheiten zugeordnet werden, und
30

wobei zumindest nach Schritt a) ein Korrekturschritt ausgeführt wird, mit dem Zuordnungen von Wörtern, die im Widerspruch zu den im Schritt a) ermittelten weiteren Zuordnungen stehen, gelöscht werden.

35

2. Verfahren nach Anspruch 1,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

daß nach jedem der Schritte a) bis d) ein Korrekturschritt ausgeführt wird, mit dem Zuordnungen von Wörtern, die im Widerspruch zu den in den jeweiligen Schritten bzw. Teilschritten ermittelten weiteren Zuordnungen stehen, gelöscht werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet,
daß der Korrekturschritt auf Grundlage einer Statistik
10 ausgeführt wird, mit welcher die Häufigkeit der einzelnen Graphem-Phonem-Zuordnungen erfaßt wird, wobei mit dem Korrekturschritt ermittelt wird, welche Zuordnungen eine Häufigkeit aufweisen, die unter einem vorbestimmten Schwellwert liegt, und diese Zuordnungen löscht.

15
4. Verfahren nach Anspruch 3,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Wörter, die eine gelöschte Zuordnung enthalten als nicht zugeordnet markiert werden, so daß sie bei einem
20 der nachfolgenden Schritte wieder berücksichtigt werden können.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet,
25 daß beim Zuordnen der Grapheme zu den Phonemen aller Wörter, die weniger Grapheme als Phoneme besitzen, lediglich Vokale oder Konsonanten zu einer Phonemeinheit zusammengefaßt werden.

30 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet,
daß beim Zuordnen der Grapheme zu den Phonemen aller Wörter, die weniger Grapheme als Phoneme besitzen, zunächst Vokale oder Konsonanten in einer Phonemeinheit zusammengefaßt
35 und entsprechend dem Schritt c) zugeordnet werden, und falls weiterhin Wörter, die weniger Grapheme als Phoneme besitzen, nicht zugeordnet werden können, auch Vokale mit Konsonanten

zu einer Phonemeinheit zusammengefaßt und entsprechend dem Schritt c) zugeordnet werden.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6,
5 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
 daß beim Zuordnen der Grapheme zu den Phonemen aller Wörter, die mehr Grapheme als Phoneme besitzen, das oder die restlichen, am Wortende vorgesehenen Grapheme, zusammen mit dem letzten Graphem, das dem letzten Phonem des Wortes zugeordnet worden ist, zu einer Graphemeinheit zusammengefaßt
10 wird und die dem letzten Phonem des Wortes zugeordnet wird.

8. Verfahren nach Anspruch 7,
 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
15 daß falls sich ein Zuordnungswiderspruch auf Grundlage der bisher ermittelten Zuordnungen ergibt, an die längste zuordnungswiderspruchsfreie Kette von Graphemen das nächste Graphem mit dem letzten Graphem der Kette zu einer Graphemeinheit zusammengefaßt und die Zuordnung erneut versucht
20 wird, wobei falls wiederum keine Graphem-Phonem-Zuordnung erstellt werden kann, das nächste Graphem mit der zuletzt gebildeten Graphemeinheit zusammengefaßt und die Zuordnung erneut versucht wird.

25 9. Verfahren nach Anspruch 8,
 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
 daß, falls keine Graphem-Phonem-Zuordnung eines Wortes mit mehreren Graphemen als Phonemen erzielt werden kann, die Zuordnung zunächst mit einer am Anfang des Wortes beginnenden
30 paarweisen Zuordnung gestartet wird, bis sich ein Zuordnungswiderspruch auf Grundlage der bisher ermittelten Zuordnungen ergibt, worauf eine am Ende des Wortes beginnende paarweise Zuordnung ausgeführt wird, und wenn lediglich ein einzelnes nicht zugeordnetes Phonem übrig bleibt, werden die restlichen
35 Grapheme zu einer Graphemeinheit zusammengefaßt und dem einen nicht zugeordneten Phonem zugeordnet.

10. Verfahren zum Trainieren eines neuronalen Netzwerkes zum Zuordnen von Graphemen zu Phonemen für die automatische Sprachverarbeitung,

5 dadurch gekennzeichnet,

 daß das neuronale Netzwerk mit einer nach dem Verfahren der Ansprüche 1 bis 9 aufbereiteten Datenbank trainiert wird, wobei die Grapheme an Eingangsknoten und die zugehörigen Phoneme an einem Ausgangsknoten des neuronalen Netzwerkes einge-
10 geben werden.

11. Verfahren zum Zuordnen von Graphemen zu Phonemen bei der Synthetisierung von Sprache,

 dadurch gekennzeichnet,

15 daß die Graphem-Phonem-Zuordnung durch eine Zuordnung eines Ausgangsmusters zu einem Eingangsmusters des nach dem Verfahren des Anspruchs 10 trainiertem neuronalen Netzwerkes ausgeführt wird, wobei das Eingangsmuster zumindest den zuzuordnenden Buchstaben und falls vorhanden zumindest einen im
20 Wort vorhergehenden und einen nachfolgenden Buchstaben umfaßt und das Ausgangsmuster ein Phonem aufweist.

12. Verfahren nach Anspruch 11,

 dadurch gekennzeichnet,

25 daß das Eingangsmuster mehrere dem zuzuordnenden Buchstaben vorhergehende und nachfolgende Buchstaben umfaßt, wobei es vorzugsweise jeweils drei vorhergehende und nachfolgende Buchstaben umfaßt.

30 13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12,

 dadurch gekennzeichnet,

 daß das Eingangsmuster das letzte Ausgangsmuster umfaßt.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 13,

35 dadurch gekennzeichnet,

daß das Ausgangsmuster eine Gruppierung der Buchstaben, d.h., die Anzahl der zu einer Graphemeinheit im Eingangsmuster zusammengefaßten Buchstaben aufweist.

- 5 15. Verfahren zum Zuordnen von Phonemen zu Graphemen bei der Erkennung von Sprache,
 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
 daß die Graphem-Phonem-Zuordnung durch eine Zuordnung eines Ausgangsmusters zu einem Eingangsmusters des nach dem
- 10 Verfahren des Anspruchs 10 trainiertem neuronalen Netzwerkes ausgeführt wird, wobei das Eingangsmuster zumindest das zuzuordnende Phonem und falls vorhanden ein im Wort vorhergehendes und ein nachfolgendes Phonem umfaßt und das Ausgangsmuster einen Buchstaben aufweist.
- 15
16. Neuronales Netzwerk für die automatische Sprachverarbeitung, mit welchem automatisch eine Zuordnung zwischen Graphemen und Phonemen hergestellt werden kann,
 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
- 20 daß das neuronale Netzwerk gemäß dem Verfahren nach Anspruch 10 trainiert worden ist.
17. Neuronales Netzwerk nach Anspruch 16,
 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
- 25 daß es auf einem elektronisch lesbaren Datenträger gespeichert ist

2/2

FIG 2

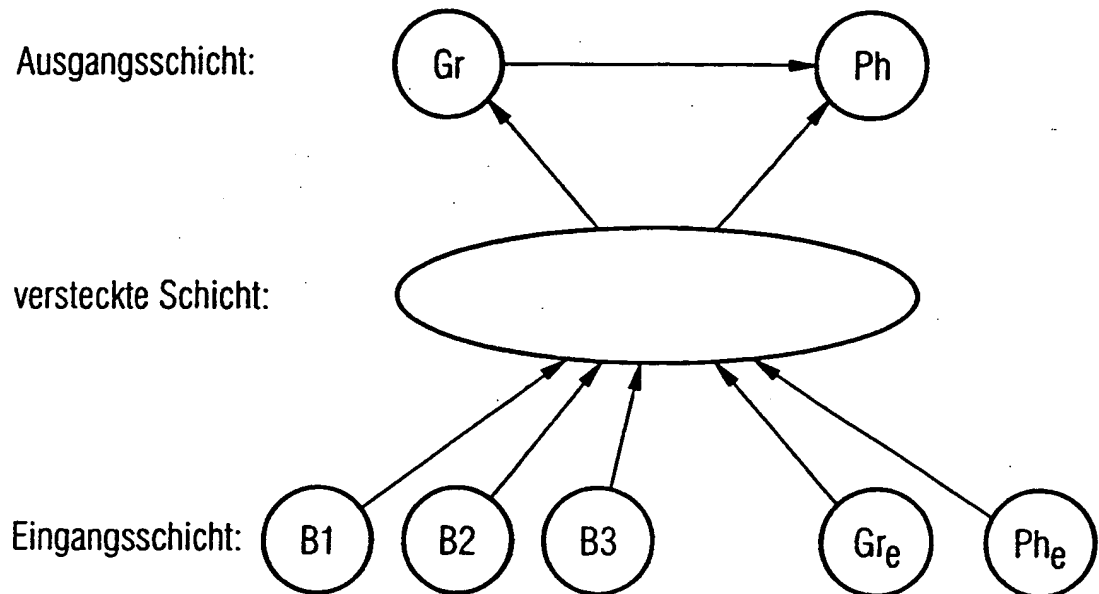
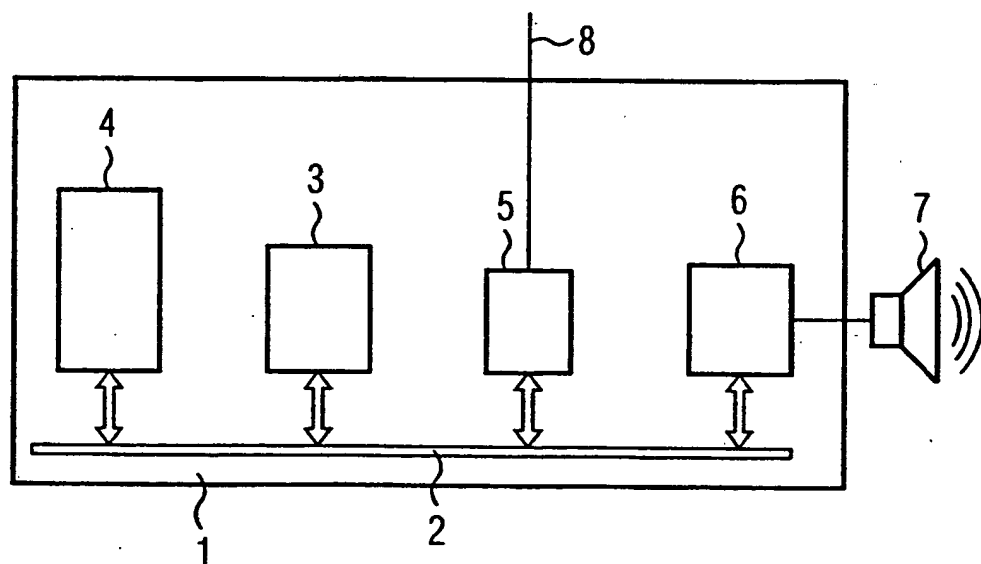


FIG 3



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE 00/02940

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 G10L13/08

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G10L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	LUK R W P ET AL: "INFERENCE OF LETTER-PHONEME CORRESPONDENCES BY DELIMITING AND DYNAMIC TIME WARPING TECHNIQUES" PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL CONFERENCE ON ACOUSTICS, SPEECH AND SIGNAL PROCESSING (ICASSP), US, NEW YORK, IEEE, vol. CONF. 17, 23 March 1992 (1992-03-23), pages 61-64, XP000356937 ISBN: 0-7803-0532-9 paragraph '02.1! --- -/--	1, 10-12, 15, 16



Further documents are listed in the continuation of box C.



Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *G* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

19 January 2001

Date of mailing of the international search report

12/02/2001

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl.
Fax (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Krembel, L

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int'l Application No

PCT/DE 00/02940

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	OAKEY S ; CAWTHORN R.C.: "Inductive learning of pronunciation rules by hypothesis testing and correction" PROCEEDINGS OF THE 7TH JOINT CONFERENCE ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE IJCAI-81, 24 - 28 August 1981, pages 109-114, XP000980278 Vancouver (Canada) paragraph 'OIII!	1,10-12, 15,16
A	TORKKOLA K ET AL: "DYNAMICALLY EXPANDING CONTEXT VS. MULTI-LAYERED NETWORKS IN CORRECTION OF PHONEME STRINGS" PROCEEDINGS OF THE EXPERT SYSTEMS APPLICATIONS WORLD CONFERENCE,FR,GOURNAY SUR MARNE, IITT INTERNATIONAL, vol. CONF. 1, 1989, pages 333-337, XP000091093 abstract	1,10-12, 15,16
A	T. DUTOIT: "Introduction To Text-To-Speech Synthesis ntroduction To Text-To-Speech Synthesis " 1997 , KLUWERS ACADEMIC XP002157980 paragraph '5.4.3!	1,10-12, 15,16

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 00/02940

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPC 7 G10L13/08

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPC 7 G10L

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	LUK R W P ET AL: "INFERENCE OF LETTER-PHONEME CORRESPONDENCES BY DELIMITING AND DYNAMIC TIME WARPING TECHNIQUES" PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL CONFERENCE ON ACOUSTICS, SPEECH AND SIGNAL PROCESSING (ICASSP).US.NEW YORK, IEEE, Vol. CONF .17, 23 März 1992 (1992-03-23), Seiten 61-64, XP000356937 ISBN : 0-7803-0532-9 Abschnnt '02.1 ! -/-	1,10-12, 15,16

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen☐ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen:

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" Ethers Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"Z" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

19 Januar 2001 (19.01.01)

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

12 Februar 2001 (12.02.01)

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Telefaxnr.

Bevollmächtigter Bediensteter

Telefonnr.

C (Fortsetzung). ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	OAKEY S ; CAWTHORN R.C.: "Inductive learning of pronunciation rules by hypothesis testing and correction" PROCEEDINGS OF THE 7TH JOINT CONFERENCE ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE IJCAI-81. 24 - 28 August 1981 (24.07.81) Seiten 109-114. XP000980278 Vancouver (Canada) Abschnitt 'OIII !	1.10-12, 15,16
A	TORKKOLA K ET AL: "DYNAMICALLY EXPANDING CONTEXT VS. MULTI-LAYERED NETWORKS IN CORRECTION OF PHONEME STRINGS" PROCEEDINGS OF THE EXPERT SYSTEMS APPLICATIONS WORLD CONFERENCE.FR,GOURNAY SUR MARNE, IITT INTERNATIONAL. vol. CONF. 1, 1989, Seiten 333-337, XP000091093 Zusammenfassung	1.10-12, 15,16
A	T. DUTOIT: "Introduction To Text-To-Speech Synthesis Introduction To Text-To-Speech Synthesis " 1997 , KLUWERS ACADEMIC XP002157980 Abschnitt '5.4.3!	1.10-12, 15,16

VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS

Absender: MIT DER INTERNATIONALEN VORLÄUFIGEN PRÜFUNG BEAUFTRAGTE BEHÖRDE

An:

SIEMENS AG
Postfach 22 16 34
D-80506 München
ALLEMAGNE

CT IPC AM Mch P/Ri

Eing. 10. Okt. 2001

GR
Frist 03. 01. 02

PCT

MITTEILUNG ÜBER DIE ÜBERSENDUNG
DES INTERNATIONALEN VORLÄUFIGEN
PRÜFUNGSBERICHTS
(Regel 71.1 PCT)

Absendedatum
(Tag/Monat/Jahr) 09.10.2001

Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts
1999P02739WO

WICHTIGE MITTEILUNG

Internationales Aktenzeichen
PCT/DE00/02940

Internationales Anmeldedatum (Tag/Monat/Jahr)
29/08/2000

Prioritätsdatum (Tag/Monat/Jahr)
03/09/1999

Anmelder

SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT

1. Dem Anmelder wird mitgeteilt, daß ihm die mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragte Behörde hiermit den zu der internationalen Anmeldung erstellten internationalen vorläufigen Prüfungsbericht, gegebenenfalls mit den dazugehörigen Anlagen, übermittelt.
2. Eine Kopie des Berichts wird - gegebenenfalls mit den dazugehörigen Anlagen - dem Internationalen Büro zur Weiterleitung an alle ausgewählten Ämter übermittelt.
3. Auf Wunsch eines ausgewählten Amtes wird das Internationale Büro eine Übersetzung des Berichts (jedoch nicht der Anlagen) ins Englische anfertigen und diesem Amt übermitteln.

4. ERINNERUNG

Zum Eintritt in die nationale Phase hat der Anmelder vor jedem ausgewählten Amt innerhalb von 30 Monaten ab dem Prioritätsdatum (oder in manchen Ämtern noch später) bestimmte Handlungen (Einreichung von Übersetzungen und Entrichtung nationaler Gebühren) vorzunehmen (Artikel 39 (1)) (siehe auch die durch das Internationale Büro im Formblatt PCT/IB/301 übermittelte Information).

Ist einem ausgewählten Amt eine Übersetzung der internationalen Anmeldung zu übermitteln, so muß diese Übersetzung auch Übersetzungen aller Anlagen zum internationalen vorläufigen Prüfungsbericht enthalten. Es ist Aufgabe des Anmelders, solche Übersetzungen anzufertigen und den betroffenen ausgewählten Ämtern direkt zuzuleiten.

Weitere Einzelheiten zu den maßgebenden Fristen und Erfordernissen der ausgewählten Ämter sind Band II des PCT-Leitfadens für Anmelder zu entnehmen.

Name und Postanschrift der mit der internationalen Prüfung beauftragten Behörde



Europäisches Patentamt
D-80298 München
Tel. +49 89 2399 - 0 Tx: 523656 epmu d
Fax: +49 89 2399 - 4465

Bevollmächtigter Bediensteter

Benigar, M

Tel. +49 89 2399-2996



VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS

PCT

INTERNATIONALER VORLÄUFIGER PRÜFUNGSBERICHT

(Artikel 36 und Regel 70 PCT)



Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts 1999P02739WO	WEITERES VORGEHEN siehe Mitteilung über die Übersendung des internationalen vorläufigen Prüfungsberichts (Formblatt PCT/IPEA/416)	
Internationales Aktenzeichen PCT/DE00/02940	Internationales Anmeldedatum (Tag/Monat/Jahr) 29/08/2000	Prioritätsdatum (Tag/Monat/Jahr) 03/09/1999
Internationale Patentklassifikation (IPK) oder nationale Klassifikation und IPK G10L13/08		
Anmelder SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT		

1. Dieser internationale vorläufige Prüfungsbericht wurde von der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde erstellt und wird dem Anmelder gemäß Artikel 36 übermittelt.
2. Dieser BERICHT umfaßt insgesamt 4 Blätter einschließlich dieses Deckblatts.
☒ Außerdem liegen dem Bericht ANLAGEN bei; dabei handelt es sich um Blätter mit Beschreibungen, Ansprüchen und/oder Zeichnungen, die geändert wurden und diesem Bericht zugrunde liegen, und/oder Blätter mit vor dieser Behörde vorgenommenen Berichtigungen (siehe Regel 70.16 und Abschnitt 607 der Verwaltungsrichtlinien zum PCT).

Diese Anlagen umfassen insgesamt 1 Blätter.

3. Dieser Bericht enthält Angaben zu folgenden Punkten:

- I ☒ Grundlage des Berichts
- II ☐ Priorität
- III ☐ Keine Erstellung eines Gutachtens über Neuheit, erfinderische Tätigkeit und gewerbliche Anwendbarkeit
- IV ☐ Mangelnde Einheitlichkeit der Erfindung
- V ☒ Begründete Feststellung nach Artikel 35(2) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung
- VI ☐ Bestimmte angeführte Unterlagen
- VII ☐ Bestimmte Mängel der internationalen Anmeldung
- VIII ☐ Bestimmte Bemerkungen zur internationalen Anmeldung

Datum der Einreichung des Antrags 21/02/2001	Datum der Fertigstellung dieses Berichts 09.10.2001
Name und Postanschrift der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde:  Europäisches Patentamt D-80298 München Tel. +49 89 2399 - 0 Tx: 523656 epmu d Fax: +49 89 2399 - 4465	Bevollmächtigter Bediensteter Greiser, N Tel. Nr. +49 89 2399 7402 

INTERNATIONALER VORLÄUFIGER PRÜFUNGSBERICHT

Internationales Aktenzeichen PCT/DE00/02940

I. Grundlage des Berichts

1. Hinsichtlich der **Bestandteile** der internationalen Anmeldung (*Ersatzblätter, die dem Anmeldeamt auf eine Aufforderung nach Artikel 14 hin vorgelegt wurden, gelten im Rahmen dieses Berichts als "ursprünglich eingereicht" und sind ihm nicht beigelegt, weil sie keine Änderungen enthalten (Regeln 70.16 und 70.17)*):
Beschreibung, Seiten:

1-16 ursprüngliche Fassung

Patentansprüche, Nr.:

2 (Teil), 3-17 ursprüngliche Fassung

1,2 (Teil) eingegangen am 17/09/2001 mit Schreiben vom 14/09/2001

Zeichnungen, Blätter:

1/2, 2/2 ursprüngliche Fassung

2. Hinsichtlich der **Sprache**: Alle vorstehend genannten Bestandteile standen der Behörde in der Sprache, in der die internationale Anmeldung eingereicht worden ist, zur Verfügung oder wurden in dieser eingereicht, sofern unter diesem Punkt nichts anderes angegeben ist.

Die Bestandteile standen der Behörde in der Sprache: zur Verfügung bzw. wurden in dieser Sprache eingereicht; dabei handelt es sich um

- ☐ die Sprache der Übersetzung, die für die Zwecke der internationalen Recherche eingereicht worden ist (nach Regel 23.1(b)).
- ☐ die Veröffentlichungssprache der internationalen Anmeldung (nach Regel 48.3(b)).
- ☐ die Sprache der Übersetzung, die für die Zwecke der internationalen vorläufigen Prüfung eingereicht worden ist (nach Regel 55.2 und/oder 55.3).

3. Hinsichtlich der in der internationalen Anmeldung offenbarten **Nucleotid- und/oder Aminosäuresequenz** ist die internationale vorläufige Prüfung auf der Grundlage des Sequenzprotokolls durchgeführt worden, das:

- ☐ in der internationalen Anmeldung in schriftlicher Form enthalten ist.
- ☐ zusammen mit der internationalen Anmeldung in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.
- ☐ bei der Behörde nachträglich in schriftlicher Form eingereicht worden ist.
- ☐ bei der Behörde nachträglich in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.
- ☐ Die Erklärung, daß das nachträglich eingereichte schriftliche Sequenzprotokoll nicht über den Offenbarungsgehalt der internationalen Anmeldung im Anmeldezeitpunkt hinausgeht, wurde vorgelegt.
- ☐ Die Erklärung, daß die in computerlesbarer Form erfassten Informationen dem schriftlichen Sequenzprotokoll entsprechen, wurde vorgelegt.

INTERNATIONALER VORLÄUFIGER PRÜFUNGSBERICHT

Internationales Aktenzeichen PCT/DE00/02940

4. Aufgrund der Änderungen sind folgende Unterlagen fortgefallen:

- ☐ Beschreibung, Seiten:
- ☐ Ansprüche, Nr.:
- ☐ Zeichnungen, Blatt:

5. ☐ Dieser Bericht ist ohne Berücksichtigung (von einigen) der Änderungen erstellt worden, da diese aus den angegebenen Gründen nach Auffassung der Behörde über den Offenbarungsgehalt in der ursprünglich eingereichten Fassung hinausgehen (Regel 70.2(c)).

(Auf Ersatzblätter, die solche Änderungen enthalten, ist unter Punkt 1 hinzuweisen; sie sind diesem Bericht beizufügen).

6. Etwaige zusätzliche Bemerkungen:

V. Begründete Feststellung nach Artikel 35(2) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung

1. Feststellung

Neuheit (N)	Ja: Ansprüche	1-17
	Nein: Ansprüche	
Erfinderische Tätigkeit (ET)	Ja: Ansprüche	1-17
	Nein: Ansprüche	
Gewerbliche Anwendbarkeit (GA)	Ja: Ansprüche	1-17
	Nein: Ansprüche	

2. Unterlagen und Erklärungen
siehe Beiblatt

zu Punkt V:

1. Der Anspruch 1 entspricht den Erfordernissen gemäss Artikel 33(2) und (3) PCT aus den folgenden Gründen:

Die Erstellung einer Datenbank für die automatische Spracherkennung erfolgt nach dem Stand der Technik nur mit Hilfe eines Sprachexperten. Die Erfinder erkennen, dass die Erstellung einer solchen Datenbank einen erheblichen zeitlichen und finanziellen Aufwand beinhaltet. Zur Lösung der technischen Aufgabe schlagen deshalb die Erfinder ein Verfahren vor, bei dem anhand der Wörter in Form von Graphemen und Phonemen enthaltenden Datenbank automatisch eine Zuordnung der Grapheme zu den Phonemen erstellt wird.

Der Anspruch 1 ist neu. Da der Gegenstand des Anspruchs 1 für einen Fachmann nicht naheliegend ist, beinhaltet Anspruch 1 einen erfinderischen Schritt.

2. Der Anspruch 16 beansprucht ein neuronales Netzwerk für die automatische Sprachverarbeitung zur automatischen Zuordnung zwischen Graphemen und Phonemen, bei dem das neuronale Netzwerk gemäss dem Verfahren nach Anspruch 1 trainiert wird. Der Anspruch 16 ist demzufolge ebenfalls neu und erfinderisch.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Aufbereiten einer Datenbank für die automatische Sprachverarbeitung, bei welchem anhand der Wörter in Form von Graphemen und Phonemen enthaltenden Datenbank automatisch eine Zuordnung der Grapheme zu den Phonemen erstellt wird, umfassend folgende Schritte:

a) Zuordnen der Grapheme zu den Phonemen aller Wörter, die dieselbe Anzahl Grapheme und Phoneme besitzen, wobei die Grapheme und Phoneme einander paarweise zugeordnet werden,

b) Zuordnen der Grapheme zu den Phonemen aller Wörter, die mehr Grapheme als Phoneme besitzen, wobei zunächst alle Grapheme den Phonemen paarweise zugeordnet werden, bis sich ein Zuordnungsfehler auf Grundlage der bisher ermittelten Zuordnungen ergibt oder lediglich am Wortende ein oder mehrere Grapheme vorhanden sind, die keinem Phonem zugeordnet sind, und Zusammenfassen mehrerer Grapheme zu einer Graphemeinheit und Zuordnen der Graphemeinheit zu einem Phonem, und

c) Zuordnen der Grapheme zu den Phonemen aller Wörter, die weniger Grapheme als Phoneme besitzen, wobei mehrere Phoneme zu einer Phonemeinheit zusammengefaßt werden und ihnen ein einziges Graphem derart zugeordnet wird, daß die übrigen Graphem-Phonem-Zuordnungen des zu analysierenden Wortes den unter a) und b) gefundenen Zuordnungen entsprechen,

d) Zuordnen der bisher nicht zuordbaren Wörter, wobei die Wörter nach den unter c) ermittelten Phonemeinheiten und/oder den unter b) ermittelten Graphemeinheiten von neuem untersucht werden und die Grapheme zu den Phonemen unter Berücksichtigung der Phonemeinheiten im Fall c) und der Graphemeinheiten im Fall b) zugeordnet werden, und

wobei zumindest nach Schritt a) ein Korrekturschritt ausgeführt wird, mit dem Zuordnungen von Wörtern, die im Widerspruch zu den im Schritt a) ermittelten weiteren Zuordnungen stehen, gelöscht werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,

Translation

PATENT COOPERATION TREATY

PCT

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

(PCT Article 36 and Rule 70)

101069941

Applicant's or agent's file reference 1999P02739WO	FOR FURTHER ACTION See Notification of Transmittal of International Preliminary Examination Report (Form PCT/IPEA/416)	
International application No. PCT/DE00/02940	International filing date (day/month/year) 29 August 2000 (29.08.00)	Priority date (day/month/year) 03 September 1999 (03.09.99)
International Patent Classification (IPC) or national classification and IPC G10L 13/08		
Applicant SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT		

1. This international preliminary examination report has been prepared by this International Preliminary Examining Authority and is transmitted to the applicant according to Article 36.
2. This REPORT consists of a total of 4 sheets, including this cover sheet.

☒ This report is also accompanied by ANNEXES, i.e., sheets of the description, claims and/or drawings which have been amended and are the basis for this report and/or sheets containing rectifications made before this Authority (see Rule 70.16 and Section 607 of the Administrative Instructions under the PCT).

These annexes consist of a total of 1 sheets.

3. This report contains indications relating to the following items:

- I ☒ Basis of the report
- II ☐ Priority
- III ☐ Non-establishment of opinion with regard to novelty, inventive step and industrial applicability
- IV ☐ Lack of unity of invention
- V ☒ Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement
- VI ☐ Certain documents cited
- VII ☐ Certain defects in the international application
- VIII ☐ Certain observations on the international application

Date of submission of the demand 21 February 2001 (21.02.01)	Date of completion of this report 09 October 2001 (09.10.2001)
Name and mailing address of the IPEA/EP	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.

PCT/DE00/02940

I. Basis of the report

1. This report has been drawn on the basis of (*Replacement sheets which have been furnished to the receiving Office in response to an invitation under Article 14 are referred to in this report as "originally filed" and are not annexed to the report since they do not contain amendments.*):

- ☒ the international application as originally filed.
- ☒ the description, pages 1-16, as originally filed,
pages _____, filed with the demand,
pages _____, filed with the letter of _____,
pages _____, filed with the letter of _____.
- ☒ the claims, Nos. 2 (in part), 3-17, as originally filed,
Nos. _____, as amended under Article 19,
Nos. _____, filed with the demand,
Nos. 1,2 (in part), filed with the letter of 14 September 2001 (14.09.2001),
Nos. _____, filed with the letter of _____.
- ☒ the drawings, sheets/fig 1/2, 2/2, as originally filed,
sheets/fig _____, filed with the demand,
sheets/fig _____, filed with the letter of _____,
sheets/fig _____, filed with the letter of _____.

2. The amendments have resulted in the cancellation of:

- ☐ the description, pages _____
- ☐ the claims, Nos. _____
- ☐ the drawings, sheets/fig _____

3. ☐ This report has been established as if (some of) the amendments had not been made, since they have been considered to go beyond the disclosure as filed, as indicated in the Supplemental Box (Rule 70.2(c)).

4. Additional observations, if necessary:

V. Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement

1. Statement

Novelty (N)	Claims	1-17	YES
	Claims		NO
Inventive step (IS)	Claims	1-17	YES
	Claims		NO
Industrial applicability (IA)	Claims	1-17	YES
	Claims		NO

2. Citations and explanations

1. Claim 1 meets the requirements of PCT Article 33(2) and (3) for the following reasons:

According to the prior art, a database for automatic voice recognition can only be established with the aid of a speech expert. The inventor acknowledges that to establish a database of this type involves considerable time and cost. Therefore, in order to solve the technical problem, the inventor suggests a process in which a database containing words in the form of graphemes and phonemes automatically assigns the graphemes to the phonemes.

Claim 1 is novel and involves an inventive step since the subject matter of this claim is not obvious to a person skilled in the art.

2. Claim 16 discloses a neuronal network for automatic speech processing, by means of which an assignment between graphemes and phonemes can be established automatically, said neuronal network being trained as per the process according to Claim 1. Claim 16 is therefore likewise novel and inventive.

PCT

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

(PCT Article 18 and Rules 43 and 44)

Applicant's or agent's file reference 1999P02739W0	FOR FURTHER ACTION see Notification of Transmittal of International Search Report (Form PCT/ISA/220) as well as, where applicable, item 5 below.	
International application No. PCT/DE 00/ 02940	International filing date (day/month/year) 29/08/2000	(Earliest) Priority Date (day/month/year) 03/09/1999
Applicant SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT		

This International Search Report has been prepared by this International Searching Authority and is transmitted to the applicant according to Article 18. A copy is being transmitted to the International Bureau.

This International Search Report consists of a total of 3 sheets.



It is also accompanied by a copy of each prior art document cited in this report.

1. Basis of the report

- a. With regard to the **language**, the international search was carried out on the basis of the international application in the language in which it was filed, unless otherwise indicated under this item.



the international search was carried out on the basis of a translation of the international application furnished to this Authority (Rule 23.1(b)).

- b. With regard to any **nucleotide and/or amino acid sequence** disclosed in the international application, the international search was carried out on the basis of the sequence listing :



contained in the international application in written form.



filed together with the international application in computer readable form.



furnished subsequently to this Authority in written form.



furnished subsequently to this Authority in computer readable form.



the statement that the subsequently furnished written sequence listing does not go beyond the disclosure in the international application as filed has been furnished.



the statement that the information recorded in computer readable form is identical to the written sequence listing has been furnished

2. ☐ **Certain claims were found unsearchable** (See Box I).

3. ☐ **Unity of invention is lacking** (see Box II).

4. With regard to the **title**,



the text is approved as submitted by the applicant.



the text has been established by this Authority to read as follows:

**VERFAHREN ZUM TRAINIEREN DER GRAPHEME NACH PHONEMEN REGELN FÜR DIE SPRACHSYNTHE
SE**

5. With regard to the **abstract**,



the text is approved as submitted by the applicant.



the text has been established, according to Rule 38.2(b), by this Authority as it appears in Box III. The applicant may, within one month from the date of mailing of this international search report, submit comments to this Authority.

6. The figure of the **drawings** to be published with the abstract is Figure No.



as suggested by the applicant.



because the applicant failed to suggest a figure.



because this figure better characterizes the invention.

2



None of the figures.

Patent Claims

1. A method for conditioning a database for automatic speech processing, in which with the aid of the database containing words in the form of graphemes and phonemes an assignment of the graphemes to the phonemes is set up, comprising the following steps:
 - a) assigning the graphemes to the phonemes of all the words which have the same number of graphemes and phonemes, the graphemes and phonemes being assigned to one another in pairs,
 - b) assigning the graphemes to the phonemes of all the words which have more graphemes than phonemes, all the graphemes firstly being assigned to the phonemes in pairs until an assignment error [lacuna] on the basis of the assignments determined hitherto, or there are present only at the end of the word one or more graphemes which are not assigned to a phoneme, and combining a plurality of graphemes to form a grapheme unit and assigning a grapheme to the phoneme unit, and
 - c) assigning the graphemes to the phonemes of all the words which have fewer graphemes than phonemes, a plurality of phonemes being combined to form a phoneme unit, and a single grapheme being assigned to them in such a way that the remaining grapheme/phoneme assignments of the word to be analyzed correspond to the assignments found under a) and b),
 - d) assigning the words hitherto not assignable, the words being examined in terms of the phoneme units determined under c) and/or the grapheme units determined under b), and the graphemes being assigned to the phonemes while taking account of the phoneme units and/or grapheme units, and there being executed at least after step a) a correction step with the aid of which assignments of words which contradict the further assignments determined in step a) are erased.

2. The method as claimed in claim 1, characterized in

PCT-ANTRAG

1999P02739WO

Original (für EINREICHUNG) - gedruckt am 25.08.2000 09:03:34 AM

0	Vom Anmeldeamt auszufüllen	
0-1	Internationales Aktenzeichen.	
0-2	Internationales Anmeldedatum	
0-3	Name des Anmeldeamts und "PCT International Application"	
0-4	Formular - PCT/RO/101 PCT-Antrag erstellt durch Benutzung von	PCT-EASY Version 2.90 (aktualisiert 10.05.2000)
0-5	Antragsersuchen Der Unterzeichnete beantragt, daß die vorliegende internationale Anmeldung nach dem Vertrag über die internationale Zusammenarbeit auf dem Gebiet des Patentwesens behandelt wird	
0-6	(Vom Anmelder gewähltes) Anmeldeamt	Deutsches Patent- und Markenamt (RO/DE)
0-7	Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts	1999P02739WO
I	Bezeichnung der Erfindung	VERFAHREN ZUM AUFBEREITEN EINER DATENBANK FÜR DIE AUTOMATISCHE SPRACHVERARBEITUNG
II	Anmelder	
II-1	Diese Person ist	nur Anmelder
II-2	Anmelder für	Alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US
II-4	Name	SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT
II-5	Anschrift:	Wittelsbacherplatz 2 D-80333 München Deutschland
II-6	Staatsangehörigkeit (Staat)	DE
II-7	Sitz/Wohnsitz (Staat)	DE
II-8	Telefonnr.	(089) 636-82819
II-9	Telefaxnr.	(089) 636-81857
III-1	Anmelder und/oder Erfinder	
III-1-1	Diese Person ist	Anmelder und Erfinder
III-1-2	Anmelder für	Nur US
III-1-4	Name (FAMILIENNAME, Vorname)	HAIN, Horst-Udo
III-1-5	Anschrift:	Simplonstr. 1 D-81825 München Deutschland
III-1-6	Staatsangehörigkeit (Staat)	DE
III-1-7	Sitz/Wohnsitz (Staat)	DE

IV-1	Anwalt oder gemeinsamer Vertreter; oder besondere Zustellanschrift Die unten bezeichnete Person ist/wird hiermit bestellt, um den (die) Anmelder vor den internationalen Behörden zu vertreten, und zwar als:	gemeinsamer Vertreter
IV-1-1	Name	SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT
IV-1-2	Anschrift:	Postfach 22 16 34 D-80506 München Deutschland
IV-1-3	Telefonnr.	(089) 636-82819
IV-1-4	Telefaxnr.	(089) 636-81857
V	Bestimmung von Staaten	
V-1	Regionales Patent (andere Schutzrechtsarten oder Verfahren sind ggf. in Klammern nach der (den) betreffenden Bestimmung(en) angegeben)	EP: AT BE CH&LI CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LU MC NL PT SE und jeder weitere Staat, der Mitgliedsstaat des Europäischen Patentübereinkommens und Vertragsstaat des PCT ist
V-2	Nationales Patent (andere Schutzrechtsarten oder Verfahren sind ggf. in Klammern nach der (den) betreffenden Bestimmung(en) angegeben)	US
V-5	Erklärung bzgl. vorsorglicher Bestimmungen Zusätzlich zu den unter Punkten V-1, V-2 and V-3 vorgenommenen Bestimmungen nimmt der Anmelder nach Regel 4.9 Absatz b auch alle anderen nach dem PCT zulässigen Bestimmungen vor mit Ausnahme der nachstehend unter Punkt V-6 angegebenen Staaten. Der Anmelder erklärt, daß diese zusätzlichen Bestimmungen unter dem Vorbehalt einer Bestätigung stehen und jede zusätzliche Bestimmung, die vor Ablauf von 15 Monaten ab dem Prioritätsdatum nicht bestätigt wurde, nach Ablauf dieser Frist als vom Anmelder zurückgenommen gilt.	
V-6	Staaten, die von der Erklärung über vorsorgliche Bestimmungen ausgenommen werden	KEINE
VI-1	Priorität einer früheren nationalen Anmeldung beansprucht	
VI-1-1	Anmeldedatum	03 September 1999 (03.09.1999)
VI-1-2	Aktenzeichen	19942178.1
VI-1-3	Staat	DE
VI-2	Ersuchen um Erstellung eines Prioritätsbeleges Das Anmeldeamt wird ersucht, eine beglaubigte Abschrift der in der (den) nachstehend genannten Zeile(n) bezeichneten früheren Anmeldung(en) zu erstellen und dem internationalen Büro zu übermitteln:	VI-1

PCT-ANTRAG

1999P02739WO

Original (für EINREICHUNG) - gedruckt am 25.08.2000 09:03:34 AM

VII-1	Gewählte Internationale Recherchenbehörde	Europäisches Patentamt (EPA) (ISA/EP)	
VIII	Kontrollliste	Anzahl der Blätter	Elektronische Datei(en) beigelegt
VIII-1	Antrag	4	-
VIII-2	Beschreibung	16	-
VIII-3	Ansprüche	5	-
VIII-4	Zusammenfassung	1	1999p02739wo.txt
VIII-5	Zeichnung(en)	2	-
VIII-7	INSGESAMT	28	
VIII-8	Beigelegte Unterlagen	Unterlage(n) in Papierform beigelegt	Elektronische Datei(en) beigelegt
VIII-8	Blatt für die Gebührenberechnung	✓	-
VIII-16	PCT-EASY-Diskette	-	Diskette
VIII-17	Sonstige (einzeln aufgeführt):	Kopie der Ursprungsfassung	-
VIII-18	Nr. der Abb. der Zeichn., die mit der Zusammenf. veröffentlicht werden soll	2	
VIII-19	Sprache der int. Anmeldung	Deutsch	
IX-1	Unterschrift des Anmelders oder Anwalts		
IX-1-1	Name	SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT	
IX-1-2	Name der unterzeichnenden Person	Hashuber <i>i. U. Hashuber</i>	
IX-1-3	Eigenschaft	Nr. 144/74 Ang.-AV	
IX-2	Unterschrift des Anmelders oder Anwalts		
IX-2-1	Name (FAMILIENNAME, Vorname)	HAIN, Horst-Udo	

VOM ANMELDEAMT AUSZUFÜLLEN

10-1	Datum des tatsächlichen Eingangs dieser internationalen Anmeldung	
10-2	Zeichnung(en):	
10-2-1	Eingegangen	
10-2-2	Nicht eingegangen	
10-3	Geändertes Eingangsdatum aufgrund nachträglich, jedoch fristgerecht eingeg. Unterlage(n) oder Zeichnung(en) zur Vervollständigung dieser int. Anmeldung	
10-4	Datum des fristgerechten Eingangs der Berichtigung nach PCT Artikel 11(2)	
10-5	Internationale Recherchenbehörde	ISA/EP

PCT-ANTRAG

1999P02739WO

Original (für EINREICHUNG) - gedruckt am 25.08.2000 09:03:34 AM

10-6	Übermittlung des Recherchenexemplars bis zur Zahlung der Recherchegebühr aufgeschoben	
------	---	--

VOM INTERNATIONALEN BÜRO AUSZUFÜLLEN

11-1	Datum des Eingangs des Aktenexemplars beim Internationalen Büro	
------	---	--

**PCT (ANHANG - BLATT FÜR DIE
GEBÜHRENBERECHNUNG)**

1999P02739WO

Original (für EINREICHUNG) - gedruckt am 25.08.2000 09:03:34 AM

(Dieses Blatt zählt nicht als Blatt der internationalen Anmeldung und ist nicht Teil derselben)

0	Vom Anmeldeamt auszufüllen		
0-1	Internationales Aktenzeichen.		
0-2	Eingangsstempel des Anmeldeamts		
0-4	Formular - PCT/RO/101 (Anlage)		
0-4-1	PCT Blatt für die Gebührenberechnung erstellt durch Benutzung von	PCT-EASY Version 2.90 (aktualisiert 10.05.2000)	
0-9	Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts	1999P02739WO	
2	Anmelder	SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT, et al.	
12	Berechnung der vorgeschriebenen Gebühren	Höhe der Gebühr/Multiplikator	Gesamtbeträge (DEM)
12-1	Übermittlungsgebühr T	⇒	175
12-2	Recherchegebühr S	⇒	1.848.26
12-3	Internationale Gebühr Grundgebühr (erste 30 Blätter) b1	799.93	
12-4	Anzahl der Blätter über 30	0	
12-5	Zusatzblattgebühr (X)	17.6	
12-6	Gesamtbetrag der weiteren Gebühren b2	0	
12-7	b1 + b2 = B	799.93	
12-8	Bestimmungsgebühren Anzahl der in der internationalen Anmeldung vorgenommenen Bestimmungen	2	
12-9	Number of designation fees payable (maximum 8)	2	
12-10	Bestimmungsgebühr (X)	172.11	
12-11	Gesamtbetrag der Bestimmungsgebühren D	344.22	
12-12	PCT-EASY-Gebührenermäßigung R	-246.43	
12-13	Gesamtbetrag der internationalen Gebühr (B+D-R) I	⇒	897.72
12-14	Gebühr für Prioritätsbeleg Anzahl der beantragten Prioritätsbelege	1	
12-15	Gebühr per Prioritätsbeleg (X)	35	
12-16	Gesamtbetrag Gebühr für Prioritätsbeleg(e) P	⇒	35
12-17	Gesamtbetrag der zu zahlenden Gebühren (T+S+I+P)	⇒	2.955.98
12-19	Zahlungsart	Sonstige: Abbuchung durch gesonderte Zahlungsliste	

**PCT (ANHANG - BLATT FÜR DIE
GEBÜHRENBERECHNUNG)**

1999P02739WO

Original (für EINREICHUNG) - gedruckt am 25.08.2000 09:03:34 AM

12-20	Anweisungen betreffend laufendes Konto Das Anmeldeamt:	Deutsches Patent- und Markenamt (RO/DE)
12-20-2	wird beauftragt, Fehlbeträge oder Überzahlungen des vorstehend angegebenen Gesamtbetrags der Gebühren meinem laufenden Konto zu belasten bzw. gutzuschreiben	✓
12-21	Nummer des laufenden Kontos	409022601
12-22	Datum	25 August 2000 (25.08.2000)
12-23	Name und Unterschrift	SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT <i>J. U. Haslunke</i>

PRÜFPROTOKOLL UND BEMERKUNGEN

13-2-2	Prüfergebnisse Staaten	Grün? Es können mehr Bestimmungen vorgenommen werden. Die folgenden Staaten sind nicht bestimmt worden: AP: (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW); EA: (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM); OA: (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG); AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, LI, CN, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, UZ, VN, YU, ZA, ZW. Bitte überprüfen.
13-2-7	Prüfergebnisse Gebühren	Grün? Bitte bestätigen, daß das Gebührenverzeichnis in der zur Zeit geltenden Fassung benutzt wurde

Beschreibung

Verfahren zum Aufbereiten einer Datenbank für die automatische Sprachverarbeitung

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Aufbereiten einer Datenbank für die automatische Sprachverarbeitung, sowie ein Verfahren zum Trainieren eines neuronalen Netzwerkes zum Zuordnen von Graphemen zu Phonemen für die automatische Sprachverarbeitung und ein Verfahren zum Zuordnen von Graphemen zu Phonemen bei der Synthetisierung von Sprache bzw. bei der Erkennung von Sprache.

Es ist bekannt, neuronale Netzwerke für die Synthetisierung von Sprache zu verwenden, wobei die neuronalen Netzwerke einen Text, der in einer Folge von Graphemen dargestellt ist, in Phoneme umsetzen, welche von einer entsprechenden Sprachausgabevorrichtung in die korrespondierenden akustischen Laute gewandelt werden. Grapheme sind Buchstaben beziehungsweise Buchstabenkombinationen, welchen jeweils ein Laut, das Phonem, zugeordnet ist. Vor einem erstmaligen Einsatz des neuronalen Netzwerkes muß dieses trainiert werden. Dies erfolgt üblicherweise durch Verwendung einer Datenbank, die die Graphem-Phonem-Zuordnungen enthält, wodurch festgelegt ist, welchem Graphem welches Phonem zugeordnet ist.

Die Erstellung einer solchen Datenbank bedeutet einen erheblichen zeitlichen wie auch geistigen Aufwand, da derartige Datenbanken in der Regel nur mit Hilfe eines Sprachexperten aufgebaut werden können.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde ein Verfahren zu schaffen, mit welchen auf einfache Art und Weise eine Graphem-Phonem-Zuordnungen enthaltende Datenbank erstellt werden kann.

Die Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

5 Das erfindungsgemäße Verfahren zum Aufbereiten einer Datenbank für die automatische Sprachverarbeitung geht von einer Datenbank aus, die Wörter in Form von Graphemen und Phonemen enthält. Für die meisten Sprachen existieren bereits derartige Datenbanken. Diese Datenbanken sind Wörterbücher, die die
10 Wörter in Schreibschrift (Grapheme) und in Lautschrift (Phoneme) enthalten. Diesen Datenbanken fehlt jedoch die Zuordnung der einzelnen Phoneme zu den entsprechenden Graphemen. Diese Zuordnung wird erfindungsgemäß automatisch durch die folgenden Schritte ausgeführt:

15

a) Zuordnen der Grapheme zu den Phonemen aller Wörter, die dieselbe Anzahl Grapheme und Phoneme besitzen, wobei die Grapheme und Phoneme einander paarweise zugeordnet werden,

b) Zuordnen der Grapheme zu den Phonemen aller Wörter,
20 die mehr Grapheme als Phoneme besitzen, wobei zunächst alle Grapheme den Phonemen paarweise zugeordnet werden, bis sich ein Zuordnungsfehler auf Grundlage der bisher ermittelten Zuordnungen ergibt oder lediglich am Wortende ein oder mehrere Grapheme vorhanden sind, welchen kein Phonem zugeordnet ist,
25 und Zusammenfassen mehrerer Grapheme zu einer Graphemeinheit und Zuordnen eines Graphems zu der Phonemeinheit, und

c) Zuordnen der Grapheme zu den Phonemen aller Wörter, die weniger Grapheme als Phoneme besitzen, wobei mehrere Phoneme zu einer Phonemeinheit zusammengefaßt werden und ihnen
30 ein einziges Graphem derart zugeordnet wird, daß die übrigen Graphem-Phonem-Zuordnungen des zu analysierenden Wortes den unter a) und b) gefundenen Zuordnungen entspricht,

d) Zuordnen der bisher nicht zuordbaren Wörter, wobei die Wörter nach den unter c) ermittelten Phonemeinheiten
35 und/oder den unter b) ermittelten Graphemeinheiten untersucht werden und die Phoneme zu den Graphemen unter Berücksichti-

gung der Phonemeinheiten und/oder Graphemeinheiten zugeordnet werden, und

wobei zumindest nach Schritt a) ein Korrekturschritt ausgeführt wird, mit dem Zuordnungen von Wörtern, die im Widerspruch zu den im Schritt a) ermittelten weiteren Zuordnungen stehen, gelöscht werden.

Erfindungsgemäß werden zunächst Wörter untersucht, die dieselbe Anzahl Grapheme und Phoneme besitzen. Die Grapheme dieser Wörter werden den Phonemen paarweise zugeordnet, wobei in einem darauffolgenden Korrekturschritt die Zuordnungen der Wörter gelöscht werden, die im Widerspruch zu den weiteren Zuordnungen stehen.

Mit diesem ersten Zuordnungsvorgang kann eine Großzahl der Wörter abgearbeitet werden und zudem statistisch signifikante Zuordnungen erzielt werden, die eine Überprüfung im Korrekturschritt erlauben und die auch eine Überprüfung der weiteren zu erstellenden Zuordnungen in den nachfolgenden Schritten erlauben.

Danach werden die Wörter untersucht, bei denen sich die Anzahl der Phoneme gegenüber der Anzahl von Graphemen unterscheidet. Bei Wörtern mit mehr Graphemen als Phonemen werden mehrere Grapheme zu Graphemeinheiten zusammengefaßt und bei Wörtern mit weniger Graphemen als Phonemen werden Phoneme zu Phonemeinheiten zusammengefaßt.

Nach Beendigung dieser Schritte werden die bisher nicht zuordbaren Wörter überprüft, wobei hierbei die ermittelten Phonemeinheiten und/oder die ermittelten Graphemeinheiten berücksichtigt werden.

Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren wird somit schrittweise automatisch ein „Zuordnungswissen“ erstellt, das zunächst auf paarweisen Graphem-Phonem-Zuordnungen beruht und in das im

Laufe des Verfahrens auch Graphemeinheiten und Phonemeinheiten einbezogen werden.

Das erfindungsgemäße Verfahren kann für jede beliebige Sprache angewandt werden, für die bereits eine elektronisch lesbare Datenbank besteht, die Wörter in Form von Graphemen und Phonemen enthält, wobei eine Zuordnung zwischen den Phonemen und Graphemen nicht notwendig ist. Der Einsatz von Expertenwissen ist nicht erforderlich, da das erfindungsgemäße Verfahren vollautomatisch ausgeführt wird.

Mit der erfindungsgemäß erstellten Datenbank kann dann ein neuronales Netzwerk trainiert werden, mit dem die Graphem-Phonem-Zuordnungen bei der Synthetisierung oder Erkennung von Sprache automatisch ausgeführt werden.

Die Erfindung wird nachfolgend näher anhand eines Ausführungsbeispiels erläutert, das in den Zeichnungen dargestellt ist. In diesen zeigen:

20

Fig. 1 ein Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens in einem Flußdiagramm,

25

Fig. 2 schematisch ein neuronales Netzwerk zum Zuordnen von Graphemen zu Phonemen, und

Fig. 3 schematisch eine Vorrichtung zur Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens.

Das erfindungsgemäße Verfahren dient zum Aufbereiten einer Datenbank für die Sprachsynthese, wobei von einer Ausgangsdatenbank ausgegangen wird, die Wörter in Form von Graphemen und Phonemen enthält. Eine solche Ausgangsdatenbank ist jedes Wörterbuch, das die Wörter sowohl in Schreibschrift (Grapheme) als auch in Lautschrift (Phoneme) enthält. Diese Wörterbücher enthalten jedoch keine Zuordnung der einzelnen Grapheme zu den jeweiligen Phonemen. Sinn und Zweck des erfindungs-

gemäßen Verfahrens ist die Erstellung einer solchen Zuordnung.

In Fig. 1 ist ein Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen
5 Verfahrens in einem Flußdiagramm dargestellt. In einem Schritt S1 wird das Verfahren gestartet.

Im Schritt S2 werden alle Wörter untersucht, die die gleiche Anzahl Grapheme und Phoneme besitzen. Die Grapheme dieser
10 Wörter werden den entsprechenden Phonemen paarweise zugeordnet.

Eine derartige paarweise Zuordnung wird z.B. für das englische Wort „run“ ausgeführt, das folgendermaßen mit seinen
15 Graphemen und Phonemen dargestellt werden kann:

Grapheme: r u n

Phoneme: r A n

20 Bei „run“ wird das Graphem „r“ dem Phonem „r“, das Graphem „u“ dem Phonem „A“ und das Graphem „n“ dem Phonem „n“ zugeordnet. Bei dieser paarweisen Zuordnung wird somit jeweils ein einziges Graphem einem einzigen Phonem zugeordnet. Dies wird für alle Wörter ausgeführt, die die gleiche Anzahl von
25 Phonemen und Graphemen besitzen.

Im nachfolgenden Schritt S3 wird eine Korrektur ausgeführt, mit der die Zuordnungen der Wörter, die im Widerspruch zu dem im Schritt S2 ermittelten weiteren Zuordnungen stehen, gelöscht werden. Hierzu werden die Häufigkeiten der einzelnen
30 Graphem-Phonem-Zuordnungen erfaßt und Graphem-Phonem-Zuordnungen die nur selten vorkommen werden gelöscht. Liegt die Häufigkeit einer bestimmten Graphem-Phonem-Zuordnung unter einem vorbestimmten Schwellwert, so werden die entsprechenden Graphem-Phonem-Zuordnungen gelöscht. Der Schwellwert
35 liegt z.B. im Bereich von einer Häufigkeit von 10 bis 100. Je nach Umfang des Vokabulars der Ausgangsdatenbank kann der

Schwellwert entsprechend angepaßt werden, wobei bei größeren Ausgangsdatenbanken ein höherer Schwellwert als bei kleineren Ausgangsdatenbanken zweckmäßig ist.

- 5 Ein Beispiel für eine derartige widersprüchliche Graphem-Phonem-Zuordnung ist das englische Wort „fire“:

Grapheme: f i r e

Phoneme: f I @ r

10

Die Zuordnung des Graphems „r“ zum Phonem „@“ und die Zuordnung des Graphems „e“ zum Phonem „r“ sind nicht korrekt zugeordnet. Diese beiden Zuordnungen treten sehr selten auf, weshalb ihre Häufigkeit kleiner als der Schwellwert ist, so daß sie im Schritt S3 gelöscht werden. Zudem wird im Schritt S3 das Wort „fire“ wieder als nicht-zugeordnet markiert, so daß es in einem späteren Zuordnungsschritt wieder untersucht werden kann.

- 20 Im Schritt S4 werden Wörter untersucht, die mehr Grapheme als Phoneme besitzen, wobei jeweils ein Graphem einem Phonem in Leserichtung (von links nach rechts) zugeordnet wird und die verbleibenden Grapheme mit dem letzten Graphem, dem ein Phonem zugeordnet worden ist, zu einer Graphemeinheit zusammengefaßt werden. Ein Beispiel eines Wortes, das auf diese Art und Weise korrekt zugeordnet wird, ist das englische Wort „aback“:

Grapheme: a b a c k

30

Phoneme: x b @ k

- Im hierauf folgenden Schritt S5 wird wiederum eine Korrektur ausgeführt, mit der Zuordnungen gelöscht werden, die im Widerspruch zu den bisher ermittelten Zuordnungen stehen, das heißt, Zuordnungen, die nur eine geringe Häufigkeit aufweisen. Der Schritt S5 ist diesbezüglich identisch mit dem Schritt S3.

Im Schritt S6 werden die Wörter, die mehr Grapheme als Phoneme besitzen und im Schritt S4 nicht korrekt zugeordnet werden konnten, von neuem untersucht, wobei jeweils ein einzelnes Graphem einem einzelnen Phonem in Leserichtung (von links nach rechts) zugeordnet wird. Jede einzelne Zuordnung wird überprüft, ob sie den bisher ermittelten Zuordnungen entspricht. Ergibt diese Überprüfung, daß eine Graphem-Phonem-Zuordnung nicht den bisherigen Zuordnungen entspricht, das heißt, daß sie nicht die notwendige Häufigkeit besitzt, geht das Verfahren auf die letzte Graphem-Phonem-Zuordnung zurück und verbindet das Graphem dieser Graphem-Phonem-Zuordnung mit dem in Leserichtung nächstem Graphem zu einer Graphemeinheit. Die übrigen Phoneme und Grapheme werden dann wieder einander einzeln zugeordnet, wobei wiederum jede einzelne Graphem-Phonem-Zuordnung überprüft wird.

Bei diesem Verfahrensschritt können innerhalb eines Wortes eine oder mehrere Graphemeinheiten erzeugt werden, wobei die Graphemeinheiten in der Regel zwei Grapheme umfassen. Es ist jedoch auch möglich, daß die Graphemeinheiten drei oder mehr Grapheme umfassen können.

Ein Wort, bei dem der Schritt S6 zu einer erfolgreichen Zuordnung führt ist z.B. das englische Wort „abacement“:

Grapheme: a b a s e m e n t

Phoneme: x b e s m i n t

Bei „abacement“ erfolgt die paarweise Zuordnung korrekt bis zum Graphem „e“ das zunächst dem Phonem „m“, zugeordnet wird. Diese Zuordnung steht im Widerspruch zu den bisher ermittelten Zuordnungen, weshalb das Verfahren auf die letzte erfolgreiche Zuordnung des Graphems „s“ zum Phonem „s“ zurückgeht und das Graphem „s“ mit dem Graphem „e“ zur Graphemeinheit „se“ verbindet. Die weitere paarweise Zuordnung der Grapheme

zu den Phonemen entspricht wieder den bisher ermittelten Zuordnungen, weshalb sie dementsprechend ausgeführt werden.

Im Schritt S7 werden die im Schritt S6 untersuchten Wörter,
5 die nicht vollständig erfolgreich zugeordnet worden sind,
markiert und deren Zuordnungen werden wiederum gelöscht.

Im Schritt S8 werden die Wörter, die mehr Grapheme als Phone-
me besitzen und in den Schritten S4 und S6 nicht korrekt zu-
geordnet werden konnten, von Neuem untersucht, wobei jeweils
ein einzelnes Graphem einem einzelnen Phonem zunächst in Le-
serichtung (von links nach rechts) zugeordnet wird. Jede ein-
zelne Zuordnung wird wiederum überprüft, ob sie den bisher
ermittelten Zuordnungen entspricht. Ergibt diese Überprüfung,
daß eine Graphem-Phonem-Zuordnung nicht den bisherigen Zu-
ordnungen entspricht, das heißt, daß die Zahl der Häufigkeit
unter einem vorbestimmten Schwellwert liegt, werden entgegen
der Leserichtung (von rechts nach links) einzelne Grapheme
einzelnen Phonemen zugeordnet. Bleibt bei dieser Methode le-
diglich ein Phonem über, dem kein Graphem zugeordnet werden
kann, so werden die restlichen Grapheme zu einer Graphemein-
heit zusammengefaßt und dem einen Phonem zugeordnet.

Bei diesem Verfahrensschritt kann innerhalb eines Wortes eine
25 Graphemeinheit erzeugt werden.

Ein Wort, bei dem der Schritt S8 zu einer erfolgreichen Zuordnung führt, ist z.B. das englische Wort „amongst“:

30 Grapheme: a m o n g s t
Phoneme: x m A G s t

Bei „amongst“ erfolgt die paarweise Zuordnung von links nach rechts korrekt bis zum Graphem „n“, das zunächst dem Phonem „G“ zugeordnet wird. Diese Zuordnung steht im Widerspruch zu den bisher ermittelten Zuordnungen, weshalb eine paarweise Zuordnung von rechts nach links ausgeführt wird. Diese Zuord-

nung verläuft korrekt bis zum Graphem „g“ das zunächst dem Phonem „G“ zugeordnet wird. Diese Zuordnung steht im Widerspruch zu den bisher ermittelten Zuordnungen. Als einziges Phonem dem kein Graphem zugeordnet werden kann, verbleibt das
5 Phonem „G“. Diesem Phonem „G“ werden nun die restlichen Grapheme „n“ und „g“, die zu einer Graphemeinheit zusammengefaßt werden, zugeordnet.

Im Schritt S9 werden die im Schritt S8 untersuchten Wörter,
10 die nicht vollständig erfolgreich zugeordnet worden sind, markiert und deren Zuordnungen werden wiederum gelöscht.

Im Schritt S10 werden die Wörter, die weniger Grapheme als Phoneme besitzen untersucht, wobei die einzelnen Grapheme den
15 einzelnen Phonemen paarweise zugeordnet werden, wobei die Grapheme auch den zu den zugeordneten Phonemen benachbarten Phonemen zugeordnet werden. Von all diesen Zuordnungen wird die jeweilige Häufigkeit bestimmt, und falls festgestellt wird, daß ein Graphem zwei benachbarten Phonemen mit einer
20 großen Häufigkeit zugeordnet werden kann, werden diese beiden Phoneme zu einer Phonemeinheit zusammengefaßt, falls die beiden Phoneme zwei Vokale oder zwei Konsonanten sind.

Ein Wort, bei dem der Schritt S9 zu einer korrekten Zuordnung
25 führt, ist z.B. das englische Wort „axes“:

Grapheme: a x e s

Phoneme: @ ks i z

30 Bei „axes“ ergibt die Zuordnungen des Graphems „x“ zu den Phonemen „k“ und „s“ jeweils eine Häufigkeit, die über einem vorbestimmten Schwellwert liegt, so daß diese beiden Phoneme zur Phonemeinheit „ks“ zusammengefaßt werden. Die übrigen Grapheme und Phoneme werden wiederum paarweise zugeordnet.

Im Schritt S10 ist es auch möglich, daß mehrere Phonemeinheiten gebildet werden oder daß die Phonemeinheiten auch mehr als zwei Phoneme umfassen.

- 5 Im Schritt S11 wird wiederum eine Korrektur durchgeführt, bei der die Zuordnungen, die selten auftreten, gelöscht werden, und die Wörter in denen diese widersprüchlichen Zuordnungen festgestellt worden sind als nicht-zugeordnet markiert werden. Der Schritt S11 entspricht im wesentlichen den Schritten
10 S3 und S5, wobei hier jedoch auch die bis zum Schritt S10 ermittelten Graphem-Phonem-Zuordnungen berücksichtigt werden.

Der Schritt S12 entspricht im wesentlichen dem Schritt S10, das heißt, daß Phonemeinheiten aus benachbarten Phonemen ge-
15 bildet werden, wobei im Schritt S12 die Phonemeinheiten nicht auf zwei Konsonanten oder zwei Vokale beschränkt sind, sondern auch eine Mischung aus Vokalen und Konsonanten beinhalten können.

- 20 Im Schritt S13 wird wiederum ein Korrekturvorgang durchgeführt, der dem des Schrittes S11 entspricht, wobei alle mittlerweile ermittelten Graphem-Phonem-Zuordnungen berücksichtigt werden.

- 25 Im Schritt S14 werden die in den Schritten S10 und S12 ermittelten Phonemeinheiten verwendet, um Wörter, deren Grapheme nicht den Phonemen korrekt zugeordnet werden konnten, erneut zu untersuchen, wobei für benachbarte Phoneme, für die bereits eine Phonemeinheit existiert, diese eingesetzt wird.
30 Optional ist es auch möglich, daß die bisher ermittelten Graphemeinheiten berücksichtigt werden. Sollte von dieser Option kein Gebrauch gemacht werden, können hier Graphemeinheiten erneut gemäß den Methoden nach den Schritten S4, S6 und S8 gebildet werden.

35

Ein Wort, das die Zuordnung gemäß dem Schritt S14 zeigt, ist das englische Wort „accumulated“:

Grapheme: a c c u m u l a t e d

Phoneme: x k y u m y x l e t I d

5 Bei diesem Wort werden zunächst die Phoneme „y“ und „u“ bzw.
„y“ und „x“ durch die Phonemeinheiten „yu“ bzw. „yx“ ersetzt.
Da diese Phonemeinheiten bereits bei den vorhergehenden
Schritten ermittelt worden sind, wird im Schritt S14 von der
Option Gebrauch gemacht, daß auch die Graphemeinheiten be-
10 rücksichtigt werden, so wird für die beiden Grapheme „c“ und
„c“ die Graphemeinheit „cc“ verwendet. Die paarweise Zuord-
) nungen der einzelnen Grapheme bzw. Graphemeinheiten zu den
einzelnen Phonemen bzw. Phonemeinheiten ergibt eine korrekte
Zuordnung.

15

Wird von der Option der Berücksichtigung der Graphemeinheiten
kein Gebrauch gemacht, so werden, wie es im Schritt S6 der
Fall ist, die einzelnen Grapheme den einzelnen Phonemen bzw.
Phonemeinheiten zugeordnet, wobei im vorliegenden Fall bei
20 der Zuordnung des Graphems „c“ zu der Phonemeinheit „yu“ eine
zu den bisherigen Zuordnungen widersprüchliche Zuordnung er-
folgt. Diese widersprüchliche Zuordnung wird festgestellt und
das Graphem „c“ wird mit dem vorhergehenden Graphem „c“ zu
„cc“ zusammengefaßt. Dies führt wiederum zu einer korrekten
) Zuordnung der Grapheme zu den Phonemen.
25

Im Schritt S15 wird wiederum geprüft, ob widersprüchliche Zu-
ordnungen erfolgt sind. Werden derartige widersprüchliche Zu-
ordnungen festgestellt, werden sie und die weiteren Zuordnun-
30 gen des jeweiligen Wortes gelöscht.

Mit dem Schritt S16 wird das Verfahren beendet.

Die Anzahl der im Schritt S15 ermittelten widersprüchlichen
35 Zuordnungen ist ein Merkmal für die Qualität der Aufbereitung
der Ausgangsdatenbank zu der durch das Verfahren erhaltenen
Datenbank mit den einzelnen Graphem-Phonem-Zuordnungen.

Das erfindungsgemäße Verfahren konnte schon sehr erfolgreich zur automatischen Erstellung einer Datenbank für die deutsche Sprache eingesetzt werden, wobei eine Zuordnungsdatenbank mit insgesamt 47 Phonemen und 92 Graphemen aufgebaut worden ist. Bei der Erstellung der Datenbank für die englische Sprache, die eine wesentlich kompliziertere Graphem-Phonem-Zuordnung besitzt, ergaben sich 62 Phoneme und 222 Grapheme, deren Zuordnungen nicht so gut wie bei der deutschen Sprache war. Die größere Anzahl von Graphemen in der englischen Sprache macht deren Bearbeitung kompliziert. Es kann deshalb zweckmäßig sein, ein Null-Phonem einzuführen, das heißt ein Phonem ohne einen Laut. Ein derartiges Null-Phonem kann z.B. der englischen Graphemeinheit „gh“ zugeordnet werden, das in der englischen Sprache stimmlos in Kombination mit den Graphemen „ei“, „ou“ und „au“ vorkommt. Würde man kein derartiges Null-Phonem einführen, müßte man zusätzlich zu den Graphemen „ei“, „ou“ und „au“ die Phoneme „eigh“, „ough“ und „augh“ einführen. Das Null-Phonem erlaubt eine Verringerung der Anzahl der Grapheme, da „eigh“, „ough“ und „augh“ jeweils durch „ei“, „ou“ und „au“ in Kombination mit „gh“ ersetzt werden können. Hierdurch kann die Zuverlässigkeit des Verfahrens gesteigert werden. Insbesondere erlaubt eine geringere Anzahl von Phonemen bzw. Graphemen eine einfachere, schnellere und zuverlässigere Anwendung bei einem neuronalen Netzwerk, das mittels der mit dem erfindungsgemäßen Verfahren erstellten Datenbank trainiert wird.

Ein solches neuronales Netzwerk ist in Fig. 2 schematisch vereinfacht dargestellt, das fünf Eingangsknoten und zwei Ausgangsknoten aufweist. An drei der fünf Eingangsknoten werden drei aufeinanderfolgende Buchstaben B1, B2 und B3 eines Wortes, das in Phoneme umgesetzt werden soll, eingegeben. Auf der Ausgangsseite gibt es zwei Knoten, wobei einer der beiden das jeweilige Phonem Ph und der andere Knoten eine Gruppierung Gr ausgibt. An den beiden weiteren Eingangsknoten wird

die zuletzt ausgegebene Gruppierung Gr_1 und das zuletzt ausgegebene Phonem Ph_1 eingegeben.

Dieses Netzwerk wird mit den Wörtern der mit dem erfindungsgemäßen Verfahren aufbereiteten Datenbank trainiert, deren Graphem-Phonem-Zuordnungen keinen Widerspruch zu den übrigen Graphem-Phonem-Zuordnungen darstellen, das heißt, den Wörtern, deren Grapheme korrekt den Phonemen zugeordnet werden konnten.

Das neuronale Netzwerk ermittelt jeweils für den mittleren Buchstaben B2 ein Phonem, wobei der jeweils im Kontext vorhergehenden und nachfolgende Buchstabe und das dem zu ermittelnden Phonem vorhergehende Phonem Ph_1 berücksichtigt werden. Stellen die beiden aufeinanderfolgenden Buchstaben B2 und B3 eine Graphemeinheit dar, so ergibt sich eine Ausgabe für die Gruppierung Gr von zwei. Ist der Buchstabe B2 kein Bestandteil einer aus mehreren Buchstaben bestehenden Graphemeinheit, so wird als Gruppierung Gr eine eins ausgegeben.

Auf der Eingangsseite wird die jeweils letzte Gruppierung Gr_1 berücksichtigt, wobei im Falle einer Gruppierung von Gr_1 von zwei dem mittleren Buchstaben B2 kein Phonem Ph zugeordnet wird, da dieser Buchstabe bereits mit der letzten Graphemeinheit berücksichtigt worden ist. In diesem Fall wird der zweite Buchstabe der Gruppierung übersprungen.

Beim Training des neuronalen Netzwerkes werden, wie es an sich bekannt ist, jeweils die Werte für die Eingangsknoten und für die Ausgangsknoten dem neuronalen Netzwerk vorgegeben, wodurch sich das neuronale Netzwerk die jeweiligen Zuordnungen im Kontext der Wörter aneignet.

Es kann zweckmäßig sein, mehr als drei Buchstaben an der Eingangsseite des neuronalen Netzwerkes vorzusehen, insbesondere bei Sprachen, wie der englischen Sprache, in welcher mehrere Buchstaben zur Darstellung eines einzigen Lautes verwendet

werden. Für die deutsche Sprache ist es zweckmäßig an der Eingangsseite drei oder fünf Knoten zur Eingabe von Buchstaben vorzusehen, wohingegen für die englische Sprache fünf, sieben oder sogar neun Knoten zur Eingabe von Buchstaben
5 zweckmäßig sein können. Bei neun Knoten können Graphemeinheiten mit bis zu fünf Buchstaben behandelt werden.

Ist das neuronale Netzwerk einmal mit der erfindungsgemäßen Datenbank trainiert worden, kann es zur automatischen Erzeugung von Sprache verwendet werden. Eine Vorrichtung zum Erzeugen von Sprache, in der das erfindungsgemäße neuronale
10 Netzwerk eingesetzt werden kann, ist schematisch in Fig. 3 gezeigt.

15 Diese Vorrichtung ist eine elektronische Datenverarbeitungsvorrichtung 1 mit einem internen Bus 2, an dem eine zentrale Prozessoreinheit 3, eine Speichereinheit 4, ein Interface 5 und eine akustische Ausgabeeinheit 6 angeschlossen sind. Das Interface 5 kann über eine Datenleitung 8 eine Verbindung zu
20 einer weiteren elektronischen Datenverarbeitungsvorrichtung herstellen. An der akustischen Ausgabeeinheit 6 ist ein Lautsprecher 7 angeschlossen.

In der Speichereinheit 4 ist das erfindungsgemäße neuronale
25 Netzwerk in Form eines Computerprogrammes abgespeichert, das mittels der zentralen Prozessoreinheit 3 zur Ausführung gebracht werden kann. Ein Text, der der elektronischen Datenverarbeitungsvorrichtung auf beliebige Weise, z.B. über das Interface 5, zugeführt wird, kann dann mit einem entsprechenden
30 Hilfsprogramm dem neuronalen Netzwerk zugeführt werden, das die Grapheme, bzw. Buchstaben des Textes in entsprechende Phoneme umsetzt. Diese Phoneme werden in einer Phonem-Datei gespeichert, die über den internen Bus 2 an die akustische Ausgabeeinheit 6 weitergegeben wird, mit der die einzelnen
35 Phoneme in elektrische Signale umgesetzt werden, die vom Lautsprecher 7 in akustische Signale gewandelt werden.

Mit einer solchen elektronischen Datenverarbeitungsvorrichtung 1 kann auch das erfindungsgemäße Verfahren zum Aufbereiten einer Datenbank ausgeführt werden, wobei das Verfahren wiederum in Form eines Computerprogrammes im Speicher 4 gespeichert ist und von der zentralen Prozessoreinheit 3 zur Ausführung gebracht wird, wobei es eine Ausgangsdatenbank, die ein Wörterbuch in Schreib- und Lautschrift darstellt, in eine Datenbank aufbereitet, in der die einzelnen Laute, die Phoneme, den einzelnen Buchstaben bzw. Buchstabenkombinationen, den Graphemen zugeordnet sind.

) Die Zuordnung der einzelnen Grapheme zu den einzelnen Phonemen kann in der aufbereiteten Datenbank durch Leerzeichen gespeichert werden, die zwischen den einzelnen Phonemen und Graphemen eingefügt werden.

Die das erfindungsgemäße Verfahren bzw. das neuronale Netzwerk darstellenden Computerprogramme können auch auf beliebige elektronisch lesbare Datenträger gespeichert werden und so auf eine weitere elektrische Datenverarbeitungsvorrichtung übertragen werden.

Die Erfindung ist oben anhand eines Ausführungsbeispieles beschrieben, mit dem eine Datenbank für die Sprachsynthese erzeugt wird. Im Rahmen der Erfindung ist es selbstverständlich auch möglich, die erfindungsgemäß erzeugte Datenbank bei der Spracherkennung zu verwenden, da Spracherkennungsverfahren oftmals Datenbanken mit Graphem-Phonem-Zuordnungen gebrauchen.

Eine Spracherkennung kann bspw. mit einem neuronalen Netzwerk ausgeführt werden, das mit der erfindungsgemäß erstellten Datenbank trainiert worden ist. An der Eingangsseite weist dieses neuronale Netzwerk vorzugsweise drei Eingangsknoten auf, an welchen das in ein Graphem umzusetzende Phonem eingegeben und falls vorhanden zumindest ein im Wort vorhergehendes und ein nachfolgendes Phonem eingegeben werden. An der Ausgangs-

seite weist das neuronale Netzwerk einen Knoten auf, an dem das dem Phonem zugeordnete Graphem ausgegeben wird.

5 Im Rahmen der Erfindung liegt somit jede Anwendung des Erstellens und Anwenden der erfindungsgemäß erstellten Datenbank im Bereich der automatischen Sprachverarbeitung.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Aufbereiten einer Datenbank für die automatische Sprachverarbeitung, bei welchem anhand der Wörter
5 in Form von Graphemen und Phonemen enthaltenden Datenbank eine Zuordnung der Grapheme zu den Phonemen erstellt wird, umfassend folgende Schritte:

a) Zuordnen der Grapheme zu den Phonemen aller Wörter, die dieselbe Anzahl Grapheme und Phoneme besitzen, wobei die
10 Grapheme und Phoneme einander paarweise zugeordnet werden,

b) Zuordnen der Grapheme zu den Phonemen aller Wörter, die mehr Grapheme als Phoneme besitzen, wobei zunächst alle Grapheme den Phonemen paarweise zugeordnet werden, bis sich
15 ein Zuordnungsfehler auf Grundlage der bisher ermittelten Zuordnungen oder lediglich am Wortende ein oder mehrere Grapheme vorhanden sind, die keinem Phonem zugeordnet sind, und Zusammenfassen mehrerer Grapheme zu einer Graphemeinheit und Zuordnen eines Graphems zu der Phonemeinheit, und

c) Zuordnen der Grapheme zu den Phonemen aller Wörter, die weniger Grapheme als Phoneme besitzen, wobei mehrere Phoneme zu einer Phonemeinheit zusammengefaßt werden und ihnen
20 ein einziges Graphem derart zugeordnet wird, daß die übrigen Graphem-Phonem-Zuordnungen des zu analysierenden Wortes den unter a) und b) gefundenen Zuordnungen entsprechen,

d) Zuordnen der bisher nicht zuordbaren Wörter, wobei die Wörter nach den unter c) ermittelten Phonemeinheiten und/oder den unter b) ermittelten Graphemeinheiten untersucht werden und die Grapheme zu den Phonemen unter Berücksichtigung der Phonemeinheiten und/oder Graphemeinheiten zugeordnet
30 werden, und

wobei zumindest nach Schritt a) ein Korrekturschritt ausgeführt wird, mit dem Zuordnungen von Wörtern, die im Widerspruch zu den im Schritt a) ermittelten weiteren Zuordnungen stehen, gelöscht werden.

35

2. Verfahren nach Anspruch 1,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

daß nach jedem der Schritte a) bis d) ein Korrektur-
schritt ausgeführt wird, mit dem Zuordnungen von Wörtern, die
im Widerspruch zu den in den jeweiligen Schritten bzw. Teil-
schritten ermittelten weiteren Zuordnungen stehen, gelöscht
5 werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet,
daß der Korrekturschritt auf Grundlage einer Statistik
10 ausgeführt wird, mit welcher die Häufigkeit der einzelnen
Graphem-Phonem-Zuordnungen erfaßt wird, wobei mit dem Korrek-
turschritt ermittelt wird, welche Zuordnungen eine Häufigkeit
aufweisen, die unter einem vorbestimmten Schwellwert liegt,
und diese Zuordnungen löscht.

15 4. Verfahren nach Anspruch 3,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Wörter, die eine gelöschte Zuordnung enthalten
als nicht zugeordnet markiert werden, so daß sie bei einem
20 der nachfolgenden Schritte wieder berücksichtigt werden kön-
nen.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet,
25 daß beim Zuordnen der Grapheme zu den Phonemen aller Wör-
ter, die weniger Grapheme als Phoneme besitzen, lediglich Vo-
kale oder Konsonanten zu einer Phonemeinheit zusammengefaßt
werden.

30 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet,
daß beim Zuordnen der Grapheme zu den Phonemen aller Wör-
ter, die weniger Grapheme als Phoneme besitzen, zunächst Vo-
kale oder Konsonanten in einer Phonemeinheit zusammengefaßt
35 und entsprechend dem Schritt c) zugeordnet werden, und falls
weiterhin Wörter, die weniger Grapheme als Phoneme besitzen,
nicht zugeordnet werden können, auch Vokale mit Konsonanten

zu einer Phonemeinheit zusammengefaßt und entsprechend dem Schritt c) zugeordnet werden.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6,
5 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
 daß beim Zuordnen der Grapheme zu den Phonemen aller Wörter, die mehr Grapheme als Phoneme besitzen, das oder die restlichen, am Wortende vorgesehenen Grapheme, zusammen mit dem letzten Graphem, das dem letzten Phonem des Wortes zugeordnet worden ist, zu einer Graphemeinheit zusammengefaßt
10 wird und die dem letzten Phonem des Wortes zugeordnet wird.

8. Verfahren nach Anspruch 7,
 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
15 daß falls sich ein Zuordnungswiderspruch auf Grundlage der bisher ermittelten Zuordnungen ergibt, an die längste zuordnungswiderspruchsfreie Kette von Graphemen das nächste Graphem mit dem letzten Graphem der Kette zu einer Graphemeinheit zusammengefaßt und die Zuordnung erneut versucht
20 wird, wobei falls wiederum keine Graphem-Phonem-Zuordnung erstellt werden kann, das nächste Graphem mit der zuletzt gebildeten Graphemeinheit zusammengefaßt und die Zuordnung erneut versucht wird.

9. Verfahren nach Anspruch 8,
 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
 daß, falls keine Graphem-Phonem-Zuordnung eines Wortes mit mehreren Graphemen als Phonemen erzielt werden kann, die Zuordnung zunächst mit einer am Anfang des Wortes beginnenden paarweisen Zuordnung gestartet wird, bis sich ein Zuordnungswiderspruch auf Grundlage der bisher ermittelten Zuordnungen ergibt, worauf eine am Ende des Wortes beginnende paarweise
30 Zuordnung ausgeführt wird, und wenn lediglich ein einzelnes nicht zugeordnetes Phonem übrig bleibt, werden die restlichen
35 Grapheme zu einer Graphemeinheit zusammengefaßt und dem einen nicht zugeordneten Phonem zugeordnet.

10. Verfahren zum Trainieren eines neuronalen Netzwerkes zum Zuordnen von Graphemen zu Phonemen für die automatische Sprachverarbeitung,

5 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

 daß das neuronale Netzwerk mit einer nach dem Verfahren der Ansprüche 1 bis 9 aufbereiteten Datenbank trainiert wird, wobei die Grapheme an Eingangsknoten und die zugehörigen Phoneme an einem Ausgangsknoten des neuronalen Netzwerkes einge-
10 geben werden.

) 11. Verfahren zum Zuordnen von Graphemen zu Phonemen bei der Synthetisierung von Sprache,

 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

15 daß die Graphem-Phonem-Zuordnung durch eine Zuordnung eines Ausgangsmusters zu einem Eingangsmusters des nach dem Verfahren des Anspruchs 10 trainiertem neuronalen Netzwerkes ausgeführt wird, wobei das Eingangsmuster zumindest den zuzuordnenden Buchstaben und falls vorhanden zumindest einen im
20 Wort vorhergehenden und einen nachfolgenden Buchstaben umfaßt und das Ausgangsmuster ein Phonem aufweist.

 12. Verfahren nach Anspruch 11,

 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

25 daß das Eingangsmuster mehrere dem zuzuordnenden Buchstaben vorhergehende und nachfolgende Buchstaben umfaßt, wobei es vorzugsweise jeweils drei vorhergehende und nachfolgende Buchstaben umfaßt.

30 13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12,

 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

 daß das Eingangsmuster das letzte Ausgangsmuster umfaßt.

 14. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 13,

35 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

daß das Ausgangsmuster eine Gruppierung der Buchstaben, d.h., die Anzahl der zu einer Graphemeinheit im Eingangsmuster zusammengefaßten Buchstaben aufweist.

5 15. Verfahren zum Zuordnen von Phonemen zu Graphemen bei der Erkennung von Sprache,

 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,

 daß die Graphem-Phonem-Zuordnung durch eine Zuordnung ei-
nes Ausgangsmusters zu einem Eingangsmusters des nach dem
10 Verfahren des Anspruchs 10 trainiertem neuronalen Netzwerkes
ausgeführt wird, wobei das Eingangsmuster zumindest das zuzu-
ordnende Phonem und falls vorhanden ein im Wort vorhergehen-
des und ein nachfolgendes Phonem umfaßt und das Ausgangsmu-
ster einen Buchstaben aufweist.

15

 16. Neuronales Netzwerk für die automatische Sprachverar-
beitung, mit welchem automatisch eine Zuordnung zwischen Gra-
phemen und Phonemen hergestellt werden kann,

 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,

20 daß das neuronale Netzwerk gemäß dem Verfahren nach An-
spruch 10 trainiert worden ist.

 17. Neuronales Netzwerk nach Anspruch 16,

 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,

25 daß es auf einem elektronisch lesbaren Datenträger ge-
speichert ist

Zusammenfassung

Verfahren zum Aufbereiten einer Datenbank für die automatische Sprachverarbeitung

5

Mit einer durch das erfindungsgemäße Verfahren hergestellten Datenbank kann ein neuronales Netzwerk zum Synthetisieren bzw. Erkennen von Sprache trainiert werden. Mit dem trainierten neuronalen Netzwerk können die Grapheme, bzw. Buchstaben
10 eines Textes in die entsprechenden Phoneme umgesetzt werden.

)

Figur 2

FIG 1

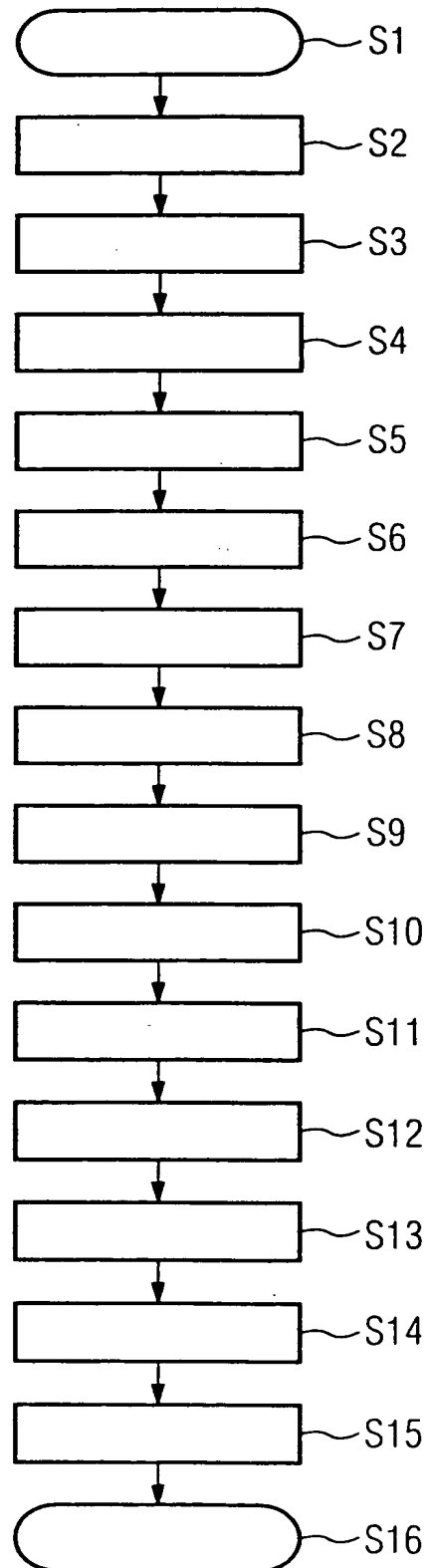


FIG 2

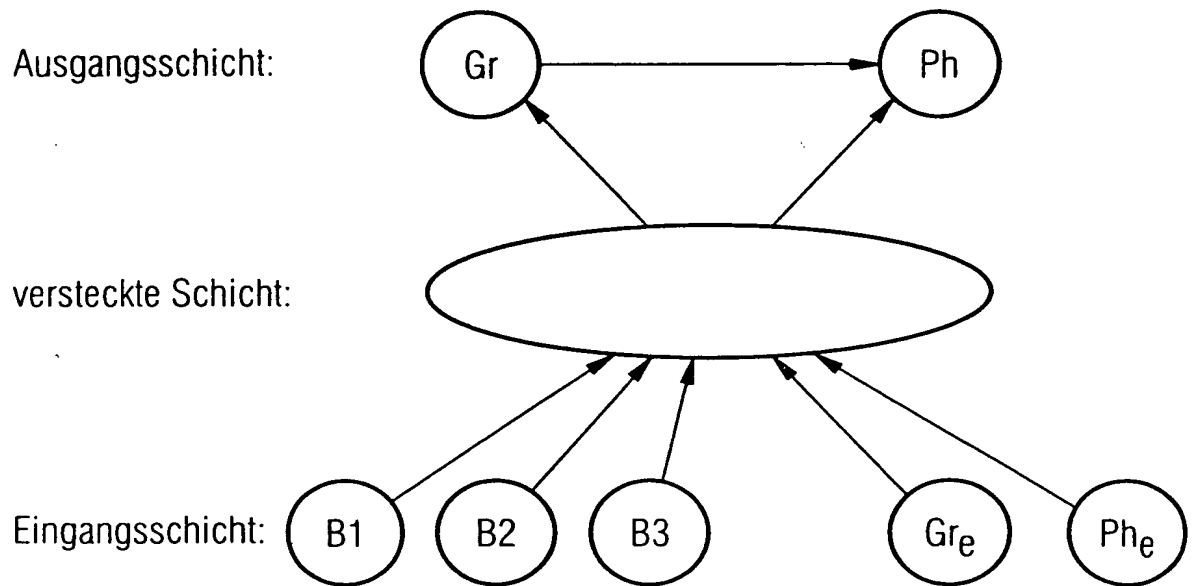


FIG 3

